

Trabajo Fin de Máster  
Máster Universitario en Ingeniería Electrónica,  
Robótica y Automática

Diseño de Aplicación para Formación en  
Controladores PID Integrados en PLC

Autor: Daniel Alejandro Lara Viera

Tutor: Dr. Luis Fernando Castaño Castaño

**Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2019





Trabajo Fin de Máster  
Máster Universitario en Ingeniería Electrónica, Robótica y Automática

# **Diseño de Aplicación para Formación en Controladores PID Integrados en PLC**

Autor:

Daniel Alejandro Lara Viera

Tutor:

Dr. Luis Fernando Castaño Castaño

Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019





Autor: Daniel Alejandro Lara Viera

Tutor: Dr. Luis Fernando Cataño Castaño

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal



*A mis padres Renán y Martha.*



# Agradecimientos

---

Quisiera agradecer primeramente a Dios, por darme la oportunidad de venir a realizar mis estudios en una nación tan grande como lo es España. Quiero hacer llegar de igual modo mis agradecimientos a mi tutor Luis Fernando Castaño Castaño por permitirme desarrollar un proyecto junto a él, demostrando siempre un gran apoyo, consejo y guía en todo momento de la realización y culminación de este trabajo.

Como poder no mencionar de igual manera a mis padres Renán y Martha que fueron los pilares fundamentales de mi vida, me han demostrado por sus enseñanzas que nada en la vida resulta fácil desde un inicio, todo en lo que se emprenda conlleva un sacrificio enorme día con día y que de ellos he aprendido muy bien porque me lo demuestran con sus acciones, sus ganas de salir adelante y su profesionalismo al desenvolverse en cada uno de los ámbitos laborales que ellos ocupan. Aunque vosotros padres míos no puedan estar presentes el día que yo defienda este trabajo ya que una larga distancia nos separa por el momento, estoy seguro que de manera espiritual siempre me están acompañando y nunca me dejarán solo, sé de igual manera que con sus buenos deseos sabré salir victorioso de este objetivo propuesto. Quiero agradecer de igual manera a mis hermanos y demás miembros de mi familia que me han hecho una inmensa falta en todo esto tiempo que no he podido verlos.

Finalmente agradecer a mi novia Jossethe que es un apoyo incondicional en todo este tiempo que he pasado en España, a mis compañeros de aula Alexis Y Mauricio que fueron un apoyo en todo momento en la realización de este arduo trabajo.

*Daniel Alejandro Lara Viera*

*Sevilla, 2019*



# Resumen

---

Este trabajo fin de máster se centra en la generación de documentación que sirvan como material de formación para el desarrollo de aplicaciones de control tipo PID usando como equipos principales de automatización un autómata programa Siemens S7-1200 CPU 1214C AC-DC-Rly, y una pantalla táctil HMI KTP700 Basic PN del mismo fabricante.

Se ha tratado de estructurar el documento de forma que al lector le queden claras todas las etapas de estudio e implementación por las que debe pasar para completar un control de este tipo:

- Tratamiento y adquisición de las señales de entrada.
- Gestión del bloque de control PID.
- Sintonizado del PID.
- Tratamiento y aplicación de las señales de salida.
- Comunicación con la pantalla de explotación.
- Gestión de la información en pantalla de operador.

Como caso práctico, que sirva de apoyo para mostrar los puntos mencionados, se ha elegido el control de la velocidad de un motor de corriente continua.

Para hacer uso de este equipo físico ha habido que utilizar dispositivos potencia para alimentar al mismo (actuadores), así como elementos de medida (sensores) que permitieran obtener la velocidad de su eje.

Como en aplicaciones similares se dispondrá de actuadores y sensores muy distintos a los presentados en este trabajo, se ha hecho un esfuerzo analizando en detalle estos elementos y dar indicaciones generales que pudieran servir para adaptar otros dispositivos.





This master's thesis focuses on the generation of documentation to serve as training material for the development of PID-type control applications using as main automation equipment a PLC program S7-1200 Siemens 1214C AC-DC-Rly, and a touch screen HMI KTP700 Basic PN from the same manufacturer.

An attempt has been made to structure the document so that the reader will be clear about all the stages of study and implementation through which it must pass to complete a control of this type:

- Treatment and acquisition of the entrance signals.
- Management of the PID control block.
- PID tuning.
- Treatment and application of exit signs.
- Communication with the exploitation screen.
- Information management on the operator's screen.

As a practical case, which serves as a support to show the mentioned points, has been chosen the control of the speed of a direct current motor.

To make use of this physical equipment it has been necessary to use power devices to feed it (actuators), as well as measuring elements (sensors) that allow to obtain the speed of its axis.

As similar applications will be available actuators and sensors very different from those presented in this work, an effort has been made analyzing these elements in detail and give general indications that could serve to adapt other devices.

<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice</b>	<b>xiv</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xvi</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xviii</b>
<b>Notación</b>	<b>xx</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivos del Trabajo de Fin de Master	2
1.3 Estructura del Trabajo de Fin de Master	2
<b>2 Hardware</b>	<b>3</b>
2.1 Componentes	3
2.1.1 PLC S7-1200	3
2.1.2 Signal Board	4
2.1.3 Pantalla HMI	4
2.1.4 Motor DC	5
2.1.5 Sensor Inductivo	5
2.1.6 Diodo LED	6
2.1.7 Fotorresistencia	7
2.1.8 Controlador de velocidad variable PWM DC	7
2.2 Esquema de conexionado	8
2.2.1 PC-PLC-PANEL-SWITCH	8
2.2.2 PLC-Motor DC (Lazo de control cerrado)	8
<b>3 Software</b>	<b>10</b>
3.1 Interfaz gráfica	10
3.2 Programación PLCs	16
3.2.1 Lenguaje PLCs	19
3.2.2 Instrucciones básicas empleadas en PLCs	19
3.2.3 Instrucción Tecnológica empleada en el PLC	21
3.3 Programación HMI	23
3.3.1 Comunicación entre HMI y PLC	24
<b>4 Entradas y salidas PLC</b>	<b>25</b>
4.1 Planta	25
4.2 Entradas PLC	26
4.2.1 Señal digital	26
4.2.2 Señal Analógica	27
4.3 Salida PLC	27
4.3.1 Salida Analógica	27
<b>5 Desarrollo</b>	<b>29</b>

5.1	<i>Diagrama de Flujo del Proceso</i>	29
5.2	<i>Diagrama de Flujo del HMI</i>	30
5.3	<i>Proyecto Final</i>	30
5.3.1	Contador Rápido (HSC)	30
5.3.2	Funciones y Alarma Cíclica	32
5.3.3	PID	36
5.3.4	HMI	40
6	<b>Pruebas</b>	<b>43</b>
7	<b>Conclusiones y futuros trabajos</b>	<b>44</b>
	<b>Referencias</b>	<b>45</b>
	<b>Bibliografía y sitios web de consulta</b>	<b>45</b>
	<b>Anexos</b>	<b>47</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Especificaciones Motor DC.	5
Tabla 2. Características clave sensor BES M08MI-PSC20B-BV03.	6
Tabla 3. Instrucciones básicas.	19
Tabla 4. Normalización y escalamiento.	19
Tabla 5. Parámetros de entrada del PID_Compact.	22
Tabla 6. Parámetros de salida del PID_Compact.	22
Tabla 7. Herramientas empleadas y eventos disponibles.	24
Tabla 8. Datos obtenidos experimentalmente.	28



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Rly. [1]	3
Figura 2. Signal Board 1232 AQ 1 x 12 bits 6ES7 232-4HA30- 0XB0. [1]	4
Figura 3. Vista delantera SIMATIC HMI KTP700 Basic PN. [1]	4
Figura 4. Motor DC 24v DC 5600 RPM.	5
Figura 5. Sensor Inductivo BES M08MI-PSC20B-BV03.	5
Figura 6. Diodo LED rojo.	6
Figura 7. Fotorresistencia.	7
Figura 8. Módulo Controlador de velocidad variable PWM de corriente continua.	7
Figura 9. Esquema de conexionado PC-PLC-PANEL-SWITCH.	8
Figura 10. Esquema de conexionado PLC-Motor DC (Lazo de control cerrado).	9
Figura 11. Imagen inicial Tia Portal. [2]	10
Figura 12. Vista del portal de Tia Portal.	11
Figura 13. Vista del proyecto Tia Portal.	11
Figura 14. Agregar PLC.	12
Figura 15. PLC sin especificar.	12
Figura 16. Reconocimiento PLC.	13
Figura 17. Vista previa del PLC.	13
Figura 18. Agregar dispositivo HMI.	14
Figura 19. Conexión de la SIMATIC HMI con el PLC.	14
Figura 20. Vista previa de la HMI.	15
Figura 21. Dispositivos, redes y direcciones IP.	15
Figura 22. Iconos de compilar, cargar e iniciar la simulación respectivamente.	16
Figura 23. Icono de observación	16
Figura 24. Vista del programa principal PLC (main).	16
Figura 25. Agregar bloque de función.	17
Figura 26. Vista de la función.	17
Figura 27. Agregar bloque de alarma cíclica.	18
Figura 28. Vista de la alarma cíclica donde se ejecutará en controlador PID.	18
Figura 29. Normalizado de valores.	20
Figura 30. Instrucción NORM_X.	20
Figura 31. Escalado de valores.	20
Figura 32. Instrucción SCALE_X.	21
Figura 33. Instrucción PID_Compact.	21
Figura 34. Pantalla HMI.	23

Figura 35. Conexión de variables PLC-HMI.	24
Figura 36. Planta del proceso (Motor DC)	25
Figura 37. Consideraciones sobre curva estática del motor DC	25
Figura 38. Medición de velocidad en caso de un pulso por rotación.	26
Figura 39. Normalizado y escalado del rango de operación del motor DC.	26
Figura 40. Acoplamiento del motor DC con el motor generador	27
Figura 41. Curvas RPM del motor DC, voltaje del generador VS voltaje emitido al diodo LED.	27
Figura 42. Diagrama implementado para la variable de control.	28
Figura 43. Normalizado y escalado del rango de operación de diodo LED.	28
Figura 44. Diagrama de flujo del sistema de velocidad.	29
Figura 45. Diagrama de flujo del HMI.	30
Figura 46. Activar contador rápido.	31
Figura 47. Configuración de los parámetros del HSC.	31
Figura 48. Configuración entrada de hardware del HSC.	32
Figura 49. Funciones y alarma cíclica.	32
Figura 50. Programación función DÍNAMO.	33
Figura 51. Programación función ESCALAMIENTO CV.	33
Figura 52. Programación función RPM.	34
Figura 53. Programación función ESCALAMIENTO PV.	34
Figura 54. Programación main principal.	35
Figura 55. Variables utilizadas en el proyecto.	35
Figura 56. PID_Compact en una alarma cíclica.	36
Figura 57. Tipo de regulación del PID_Compact.	36
Figura 58. Configuración de los parámetros entrada y salida del PID_Compact.	37
Figura 59. Configuración de los límites del valor real del PID_Compact.	37
Figura 60. Puesta de servicio PID_Compact.	38
Figura 61. Configuración sintonización fina PID_Compact.	38
Figura 62. Sistema de optimización completa.	39
Figura 63. Constantes PID_Compact.	39
Figura 64. Pantalla principal HMI.	40
Figura 65. Pantalla secundaria HMI – Tendencias del sistema.	40
Figura 66. Configuración de variables en el visor de curvas del HMI.	41
Figura 67. Pantalla secundaria HMI – rpm VS Voltaje del generador.	41
Figura 68. Configuración de variables en un campo E/S del HMI.	42
Figura 69. Variables HMI.	42
Figura 70. Tendencias PID motor DC en una pantalla de operador.	43
Figura 71. Relación velocidad voltaje en una pantalla de operador.	43

# Notación

---

CV	Variable de control
DC	Corriente Directa
GND	Tierra o Masa
EFC	Elemento Final de Control
HSC	Contador rápido (High Speed Control)
HMI	Interfaz humano-máquina
m	Mili (prefijo = $10^{-3}$ )
PID	Controlador Proporcional, Integral y Derivativo
PLC	Controlador lógico programable
PV	Variable del proceso
PWM	Modulación por ancho de pulsos (Pulse width modulation)
RPM	Revoluciones por minuto
SP	Consigna (Punto fijo)
V	Voltios (medida de tensión eléctrica)



# 1 INTRODUCCIÓN

---

*Science is not perfect, it is often misused, it is only a tool,  
but it is the best tool we have, it corrects itself, it is always  
evolving and can be applied to everything. With this tool  
we conquer the impossible*

*- Carl Sagan -*

**E**n este capítulo trata de explicar por qué es importante este trabajo así como sus objetivos. También podrá encontrar una estructura general del mismo.

## 1.1 Motivación

La automatización de procesos y las técnicas de control en la elaboración de productos es un problema creciente en diversas industrias, donde el control de las distintas variables dinámicas son temas fundamentales de desarrollo e innovación para garantizar calidad, productividad y competencia de los productos.

El desarrollo e innovación de tales procesos pueden ser tratados en un laboratorio donde se pueda simular y controlar una amplia gama de configuraciones para procesos de producción industriales típicos, en el cual intervengan áreas multidisciplinarias, las mismas que se encargan de la adquisición de nuevos productos, construcción de procesos, solución de fallas y sistemas de control.

Los sistemas de control se efectúan mediante un conjunto de componentes mecánicos, hidráulicos, eléctricos y/o electrónicos que interconectados, recogen información acerca del funcionamiento del proceso, comparan este funcionamiento con datos previos y si es necesario, modifican el proceso para alcanzar el resultado deseado. Para estudiarlo, es necesario suponer que sus componentes forman conjuntos, que reciben una orden o entrada y producen una respuesta o salida.

Es por ello que se ha desarrollado diferentes guías de formación de control automático, en el cual los estudiantes e interesados en la rama de automatización realicen diferentes prácticas con controladores PID integrados en PLC, con el fin de reforzar el conocimiento teórico-práctico adquirido en el aula de clase.

Integrando entonces los recursos humanos, tecnológicos y las competencias intelectuales se ha diseñado e implementado diferentes guías de formación para el laboratorio de Control, que sirva como instrumento de aprendizaje para los estudiantes de la Universidad de Sevilla.

Entendiendo que los estudiantes necesitan conocer el funcionamiento de diferentes procesos industriales, se ha construido dichas aplicaciones de formación, migrando hacia nuevas tecnologías del sector industrial, el cual complementa sus conocimientos y permita la familiarización con aplicaciones industriales para que sea de gran ayuda en su vida profesional.

El desarrollo de ésta aplicación de formación no solo ayuda al aprendizaje del estudiante, sino también a conocer la evolución tecnológica, teniendo en cuenta que el futuro ingeniero necesita familiarizarse con el control y automatización de procesos, debido a que la industria maneja una amplia gama de variables dinámicas, además los estudiantes puedan realizar prácticas relacionadas con sus diferentes asignaturas, como conocer el funcionamiento de sensores, actuadores, elementos de control final, a más de fomentar los conocimientos adquiridos en clase al manejar dispositivos reales utilizados a nivel industrial.

## 1.2 Objetivos del Trabajo de Fin de Master

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Master (TFM) es el diseño de aplicación para formación en controladores PID integrado en PLC. Para ello, se han realizado diferentes guías intuitivas y amigables ante el estudiante, como material se han utilizado un PLC con su correspondiente pantalla táctil que nos permite interactuar con ellos. Más concretamente, se ha realizado un PID de un motor DC, además se ha diseñado una interfaz hombre-máquina (HMI) visualizando en diferentes pantallas permitiéndonos monitorear todo el proceso. Para alcanzar la meta propuesta en este TFM ha sido necesario la consecución de cada uno de los objetivos que se detallan a continuación:

- Análisis del Hardware presentado en todo el proceso.
- Diseñar los esquemas de conexionado PLC-motor con sus diferentes sensores y actuadores, además el enlace PC-PLC-HMI-SWITCH.
- Realizar el PID con los escalados adecuados de las entradas y salidas del PLC, todo esto se programará en Tia Portal. Dado que todos los dispositivos usados en el marco del TFM son de Siemens.
- Realizar un HMI para monitorear las tendencias del PID y visualizar la relación velocidad vs voltaje.
- Comprobar el correcto funcionamiento total del proceso cumpliendo:
  - Respuesta del sistema a seguimiento de referencias.
  - Respuesta del sistema ante perturbaciones.
- Elaborar las diferentes guías de prácticas de formación a distintos niveles.

## 1.3 Estructura del Trabajo de Fin de Master

A continuación, se muestra la estructura que conforma el Trabajo de Fin de Máster.

- Capítulo 1. Introducción  
Dedicado a hacer una breve introducción sobre la importancia de la automatización de procesos señalando la aplicación propuesta, los objetivos a realizar y este propio subapartado.
- Capítulo 2. Hardware  
Dedicado a describir brevemente los componentes que conforman el proyecto, así como la arquitectura que se ha implementado. También indica sus diferentes esquemas de conexión.
- Capítulo 3. Software  
Dedicado a explicar el uso del programa Tia Portal, la interfaz, la programación del PLC y pantallas HMI, las instrucciones utilizadas en el trabajo, funciones y alarmas cíclicas en los bloques del programa y cómo realizar la conexión de los elementos.
- Capítulo 4. Entradas y Salidas PLC  
Encargado de indicar detalladamente la planta a tratar, la entrada analógica y digital, además de la salida analógica del PLC.
- Capítulo 5. Desarrollo  
Dedicado a la configuración del contador rápido. También se indica el desarrollo del controlador PID con su sintonizado, así como el desarrollo de la pantalla HMI.
- Capítulo 6. Pruebas  
Dedicado a explicar la respuesta del sistema a seguimiento de referencias y ante perturbaciones.
- Capítulo 7. Conclusiones  
Encargado de mostrar, como su nombre indica, las conclusiones obtenidas e indicar posibles mejoras.

## 2 HARDWARE

Este capítulo indica la configuración física que se ha realizado en el marco del proyecto. Para ello, se incluye una descripción general de los distintos componentes que lo conforman y el conexionado de éstos para su correcto funcionamiento.

Los principales componentes y conexionados en cuanto al hardware que se ocupa para este trabajo son los que se indican a continuación:

### 2.1 Componentes

El proyecto consta de un PLC S7-1200 de Siemens, una pantalla SIMATIC HMI de Siemens, un switch SCALANCE XB005 de Siemens, 3 cables de red, una fuente de alimentación de 24V, motores DC, un sensor inductivo, un diodo LED, una fotorresistencia y módulo PWM. En los apartados siguientes se va a realizar una breve descripción tanto del PLC, la pantalla y los diferentes sensores y actuadores para realizar el control PID. Del resto de componentes solo cabe mencionar que el switch SCALANCE XB005 permite conectar los 3 dispositivos.

#### 2.1.1 PLC S7-1200

El controlador SIMATIC S7-1200 es el modelo compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples. Gracias a su diseño compacto, su bajo costo y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

El modelo de este PLC es el CPU 1214C AC/DC/Rly, con referencia 6ES7214-1BG40-0XB0, véase la figura 1. Además, el PLC utilizado llevan una Signal Board AQ 1 x 12 bits con referencia 6ES7 232-4HA30- 0XB0, que nos permite tener una señal de salida analógica, la cual se describirá en el apartado 2.1.2, además se cuenta con una botonera. Para su alimentación se conecta directamente a la red eléctrica mediante un enchufe.



Figura 1. PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Rly. [1]

Para mayor información ir al Anexo 4 Datasheet S7-1200 CPU 1214C AC-DC-Rly.

### 2.1.2 Signal Board

Los Signal Boards de medida analógica, proporcionan canales de entrada y salida analógicos adicionales, por medio de éste se cerrará el lazo e control permitiéndonos variar el voltaje que será emitido hacia el diodo LED, cabe recalcar que la salida analógica de éste módulo es de  $\pm 10V$  DC



Figura 2. Signal Board 1232 AQ 1 x 12 bits 6ES7 232-4HA30- 0XB0. [1]

Para mayor información ir al Anexo 5 Datasheet Analog Output SB 1232 1 AO  $\pm 10V$  DC

### 2.1.3 Pantalla HMI

Se ha utilizado el modelo KTP700 Basic PN con referencia 6AV2123-2GB03-0AX0, la cual tiene una pantalla 7" TFT, 800 x 480 pixeles con 65536 colores como se puede observar en la Figura 3, además de proporcionar un interfaz PROFINET, el mismo que permite la comunicarnos con el PLC. Cabe destacar que dicha pantalla se puede usar de forma táctil. Para su conexión con el resto de elementos es necesario saber que tiene que alimentarse a DC 24V.

En la pantalla HMI se visualizará las tendencias de las diferentes variables del controlador PID, así como las señales de entrada y salida del PLC.

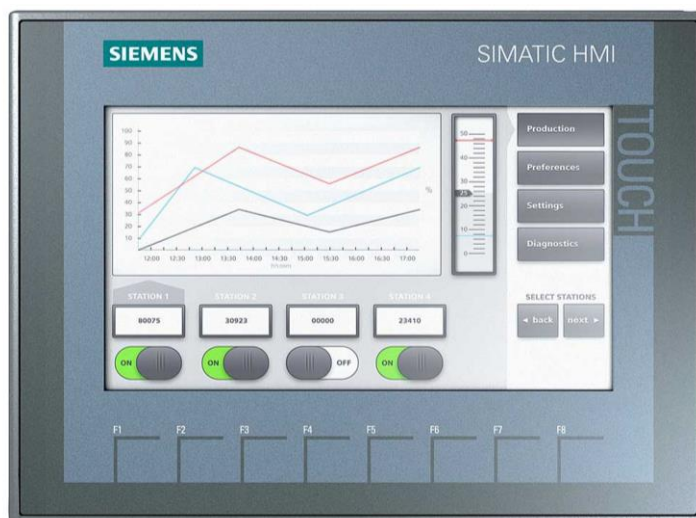


Figura 3. Vista delantera SIMATIC HMI KTP700 Basic PN. [1]

Para mayor información ir al Anexo 1 Datasheet HMI KTP700 Basic PN.

### 2.1.4 Motor DC

El motor de corriente continua (motor DC) es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Para esta práctica, este es un actuador el cual variará conforme la variable del proceso aumente o disminuya compensando para así llegar a la consigna deseada.

El motor con el cual se realiza el proyecto se observa en la Figura 4.



Figura 4. Motor DC 24v DC 5600 RPM.

Las especificaciones técnicas del fabricante para el Motor DC se puede observar de una manera detalla en la Tabla1.

Atributo	Valor
Suministro de Voltaje	24v DC
Tipo de Motor DC	Brushed
Velocidad de Salida	5600 rpm
Par de Salida Máximo	2.3Ncm
Núcleo	Núcleo de Hierro

Tabla 1. Especificaciones Motor DC.

### 2.1.5 Sensor Inductivo

El sensor inductivo se utiliza para detectar el número de vueltas que gira el motor, al determinar en número de vueltas se obtendrá su frecuencia y por consiguiente sus revoluciones por minuto, el modelo del sensor es BES M08MI-PSC20B-BV03 el cual se puede observar en la Figura 5.



Figura 5. Sensor Inductivo BES M08MI-PSC20B-BV03.

Es muy importante que en el montaje del sensor este fijo para tener datos exactos, éste sensor tiene una distancia de actuación nominal de 2mm, esto se debe tener muy en cuenta al momento de armar el proceso.

Las especificaciones técnicas del fabricante para el Motor DC se puede observar de una manera detallada en la Tabla 2.

Atributo	Valor
Dimensiones	Ø8 x 50mm
Forma Constructiva	M8x1
Montaje	Enrasado
Alcance	2 mm
Salida de Conmutación	PNP Contacto Normalmente Abierto (NO)
Frecuencia de Conmutación	5000 Hz
Material de Carcasa	Latón
Conexión	Cable, 3.00 m, PVC
Tensión de Servicio $U_b$	10...30v DC
Temperatura ambiente	-25...70 °C
Grado de Protección	IP68

Tabla 2. Características clave sensor BES M08MI-PSC20B-BV03.

### 2.1.6 Diodo LED

El diodo LED es una fuente de luz constituida por un material semiconductor dotado de dos terminales, emite luz cuando está activado, pues bien, lo relevante de este proyecto es dar una solución barata para tener una variación del controlador de velocidad variable PWM, el cual va a variar al cambiar sus resistencias, la misma que cambia por la intensidad emitida por el led.

En este caso realizando pruebas y polarizando el led con una resistencia de  $2.7 K\Omega$  como se puede observar en la Figura 6,. Se logró tener un rango de operación del diodo LED de 1,5 a 3,7 Voltios, aumentando y disminuyendo su intensidad respectivamente.

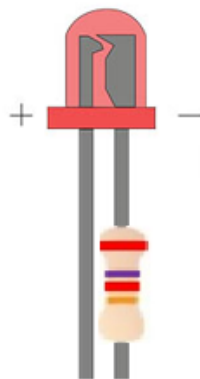


Figura 6. Diodo LED rojo.

### 2.1.7 Fotorresistencia

La fotorresistencia es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (puede descender hasta 50 ohmios) y muy alto cuando está a oscuras (varios mega ohmios). Esta fotorresistencia como se puede observar en la Figura 7, está colocada junto a diodo LED inmersa en una caja negra como se puede apreciar en la Figura 10., permitiendo ésta tener una especie de cuarto oscuro, de tal forma que nos permita obtener un rango de operación de la fotorresistencia, para después inyectar resistencia a la entrada del controlador de velocidad variable PWM.

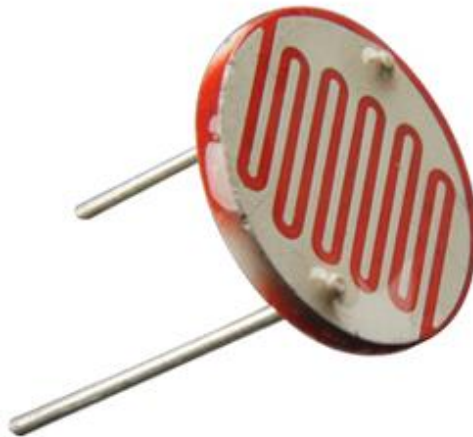


Figura 7. Fotorresistencia.

### 2.1.8 Controlador de velocidad variable PWM DC

El regulador de velocidad controla la velocidad de un motor de DC ajustando el ancho de pulso modulado (PWM), la marca del módulo es WOVELOT como se puede observar en la Figura 8, el rango de potencia de entrada es de corriente continua de 6V a 28V y el rango ajustable del ciclo de trabajo es del 0% al 100%. Este controlador es muy económico teniendo como salida PWM y como entrada un divisor resistivo, se conecta en paralelo la fotorresistencia anteriormente mencionada con uno de los extremos y la mitad del potenciómetro, esto permite que exista variación de RPM del motor en función de la luminosidad emitida al diodo LED, se modificó la electrónica del módulo.

Se desuelda el potenciómetro y se conecta la fotorresistencia y una resistencia fija al divisor resistivo del módulo.

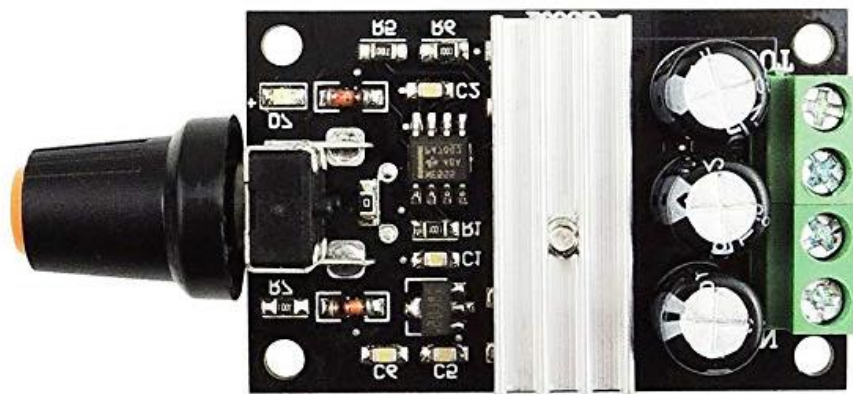


Figura 8. Módulo Controlador de velocidad variable PWM de corriente continua.



## 2.2 Esquema de conexionado

El proyecto debe tener los siguientes conexionado para realizar las distintas prácticas, de una forma intuitiva y amigable ante el estudiante, se desarrolló dos diferentes conexionados PC-PLC-PANEL-SWITCH y PLC-motor DC en lazo de control cerrado. En los siguientes apartados se va a realizar una breve descripción de los esquemas de conexión.

### 2.2.1 PC-PLC-PANEL-SWITCH

En la Figura 9 se tiene una visualización clara del esquema de la arquitectura completa del TFM, la cual actuará todo conjuntamente siempre y cuando estén conectados todos los dispositivos al SWITCH.

Por otro lado, en **verde**, se encuentran los cables PROFINET que permiten la comunicación vía Ethernet Industrial.

Por último, hay que explicar que existe un cable que conecta el switch al router permitiendo la comunicación entre el ordenador y los distintos elementos, dando así la opción de insertar los programas en los componentes.

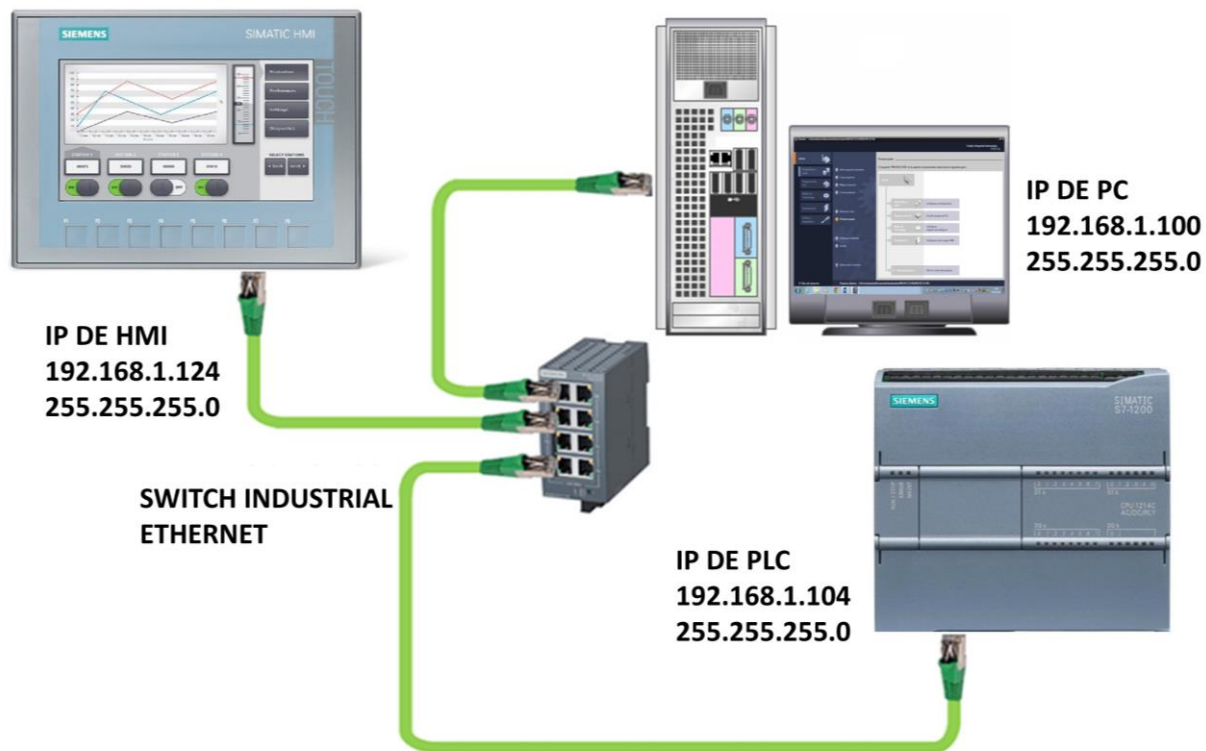


Figura 9. Esquema de conexionado PC-PLC-PANEL-SWITCH.

### 2.2.2 PLC-Motor DC (Lazo de control cerrado)

En la figura 10, se presenta todo el conexionado para realizar el control PID de un motor DC en lazo cerrado, anteriormente describimos cada uno de los componentes que actúan en este proyecto para posteriormente en la sección 3.1.1 describir cómo actúan los diferentes componentes en el control PID.

En el conexionado, **en negro** se tiene las señales de los sensores como entrada hacia el PLC. Así como el **rojo**, alimentación que sale desde la fuente y de la red eléctrica, además se tiene salida de 10V del Signal Board. También tiene la salida positiva del módulo PWM hacia motor.



El color **azul** se tiene la tierra que se conecta desde la fuente de alimentación de 24V y de la red eléctrica, además se tiene de tierra del Signal Board. También tiene tierra de módulo PWM hacia motor.

Por otro lado, en **verde** se tiene la masa de la red eléctrica que se conecta hacia el PLC.

Por último, el **celeste** y el **marrón**, se encuentran conectados la alimentación que necesita el sensor inductivo brindada por la fuente del PLC positivo y negativo respectivamente.

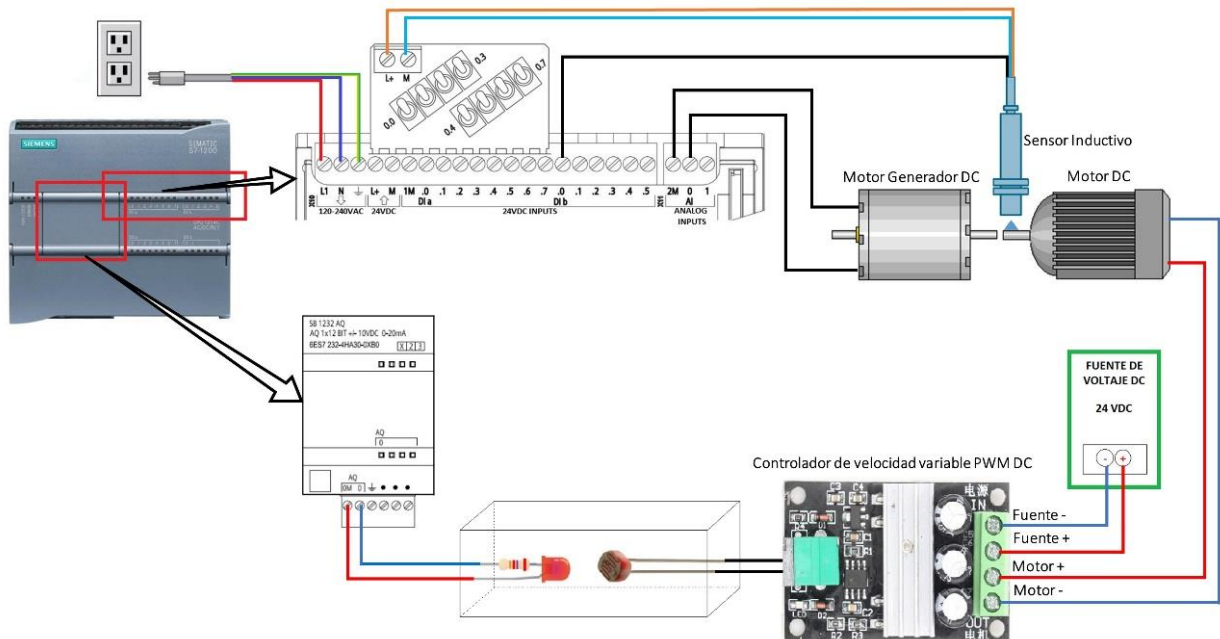


Figura 10. Esquema de conexionado PLC-Motor DC (Lazo de control cerrado).

## 3 SOFTWARE

En el siguiente capítulo, se va a realizar una descripción de la interfaz, así como el lenguaje usado para el proyecto, instrucciones utilizadas en el trabajo para las entrada y salidas de señales del PLC, funciones y alarmas cíclicas en los bloques del programa y cómo realizar la conexión de los elementos.

Para que este capítulo sea lo más inmerso posible, se ha creado un nuevo proyecto (PROYECTO-PID) para poder adjuntar las imágenes paso a paso. El proyecto completo se explicará en los capítulos 5.

### 3.1 Interfaz gráfica

Cuando se abre por primera vez el programa Tia Portal, se encuentra una pantalla tal y como se muestra en la Figura 11. Esta nos da la opción a crear un nuevo proyecto, abrir uno ya creado anteriormente o migrar un proyecto.

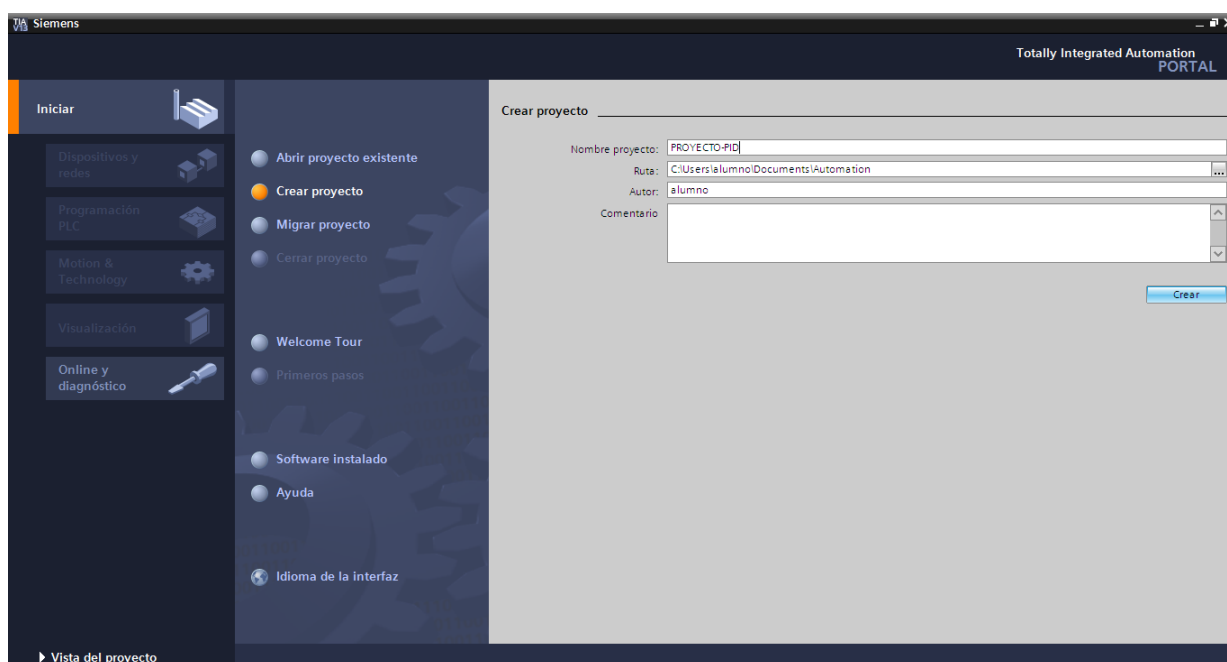


Figura 11. Imagen inicial Tia Portal. [2]

La opción Welcome Tour redirige a la página de Siemens donde hay información y vídeos sobre el uso del programa. También en esta primera pantalla se puede ver la versión instalada del programa, mostrar la ayuda al usuario y cambiar el idioma de la interfaz.

Se crea un nuevo proyecto, como se puede observar en la Figura 12. Aunque todas las opciones que dan también son accesibles dando a la vista previa del proyecto, la cual se corresponde con la figura 13.

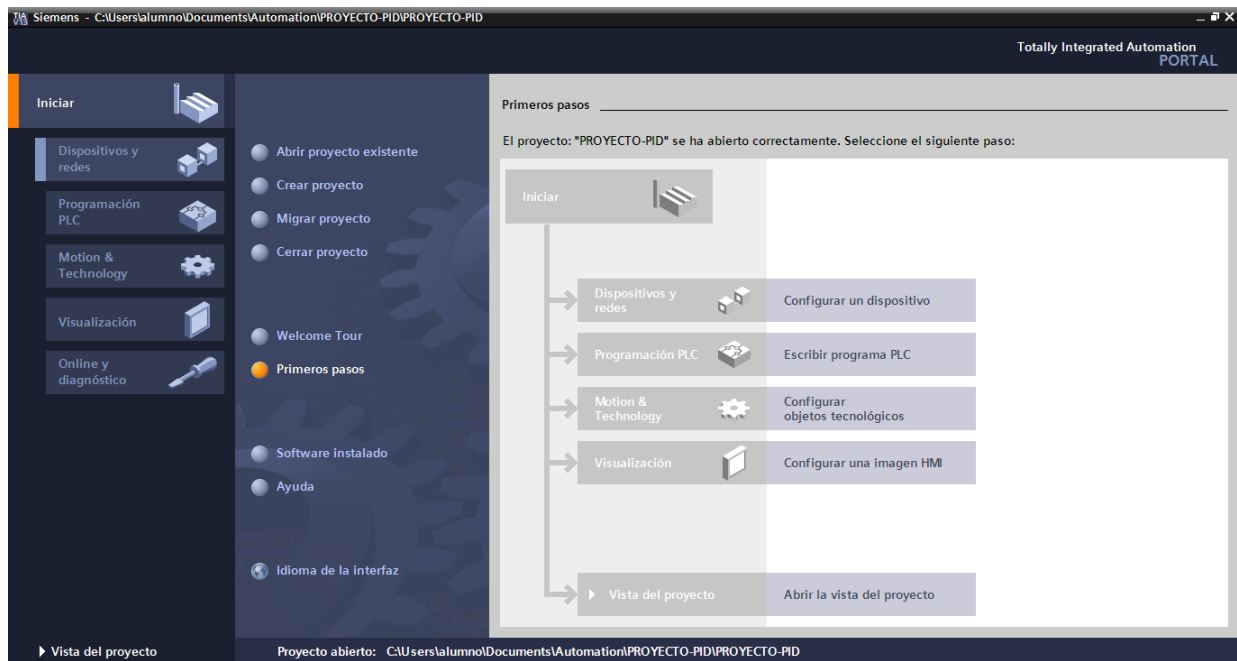


Figura 12. Vista del portal de Tia Portal.

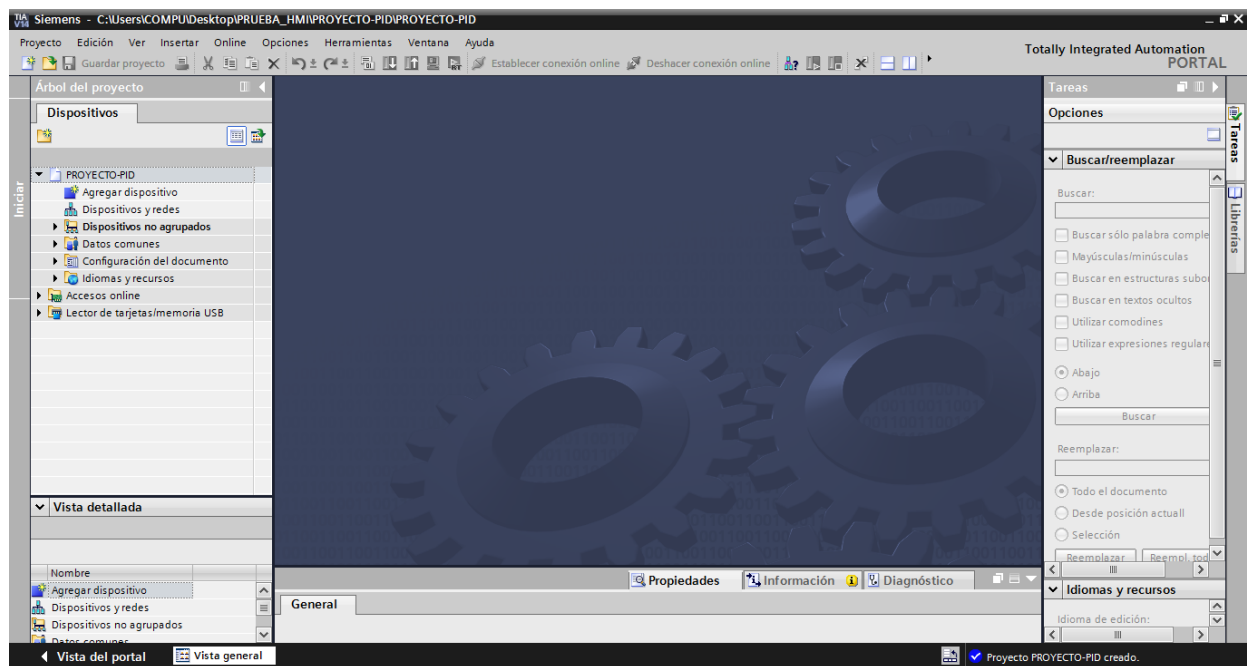


Figura 13. Vista del proyecto Tia Portal.

Como se puede apreciar, una vez dentro del proyecto, es posible añadir diferentes dispositivos. Para proceder con la configuración utilizada en éste trabajo fin de master se realizó una prueba guiando como agregar un PLC y una pantalla HMI. Primeramente, se agregó el PLC, que es el componente principal de dicho proyecto. Seguido de este se procede a añadir una pantalla HMI, ésta se debe enlazar desde al PLC estableciendo la comunicación entre ellos.

Comenzando con el PLC, se debe dar un click en agregar dispositivo. Aparecerá una pantalla como en la Figura 14. Para añadir el PLC se tiene dos opciones, una es añadir directamente si conoce el modelo exacto y la otra opción es no especificar y usar la determinación del propio programa reconociendo directamente el dispositivo que se encuentra conectado. En el caso de este proyecto, se va a realizar sin especificar ya que es de gran ayuda

si no se conoce con que PLC se está trabajando, además de reconocer el Signal Board que contiene los PLCs del laboratorio de control.

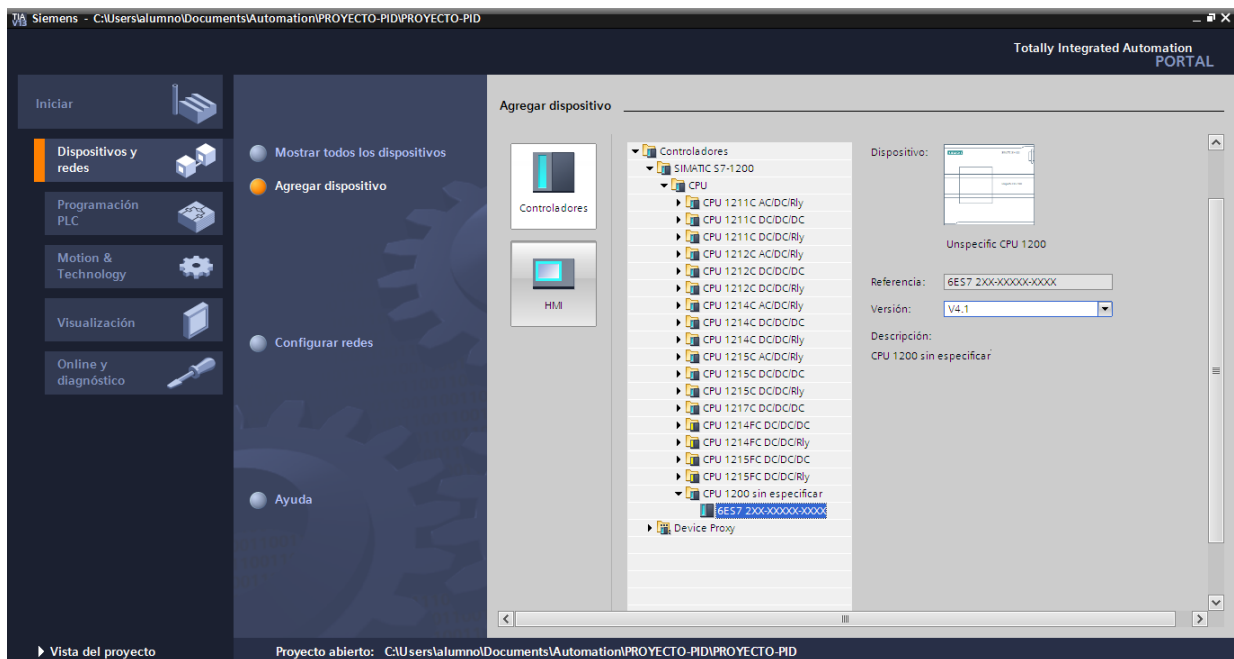


Figura 14. Agregar PLC.

Una vez agregado, la vista se observa en la Figura 15. En dicha vista se puede apreciar el PLC sin especificar, por consiguiente, se procede a dar un click en determinar, reconociendo directamente el PLC que se está utilizando, una forma de visualizar si se reconoció correctamente el PLC es activar la opción de parpadear como puede ver en la Figura 16.

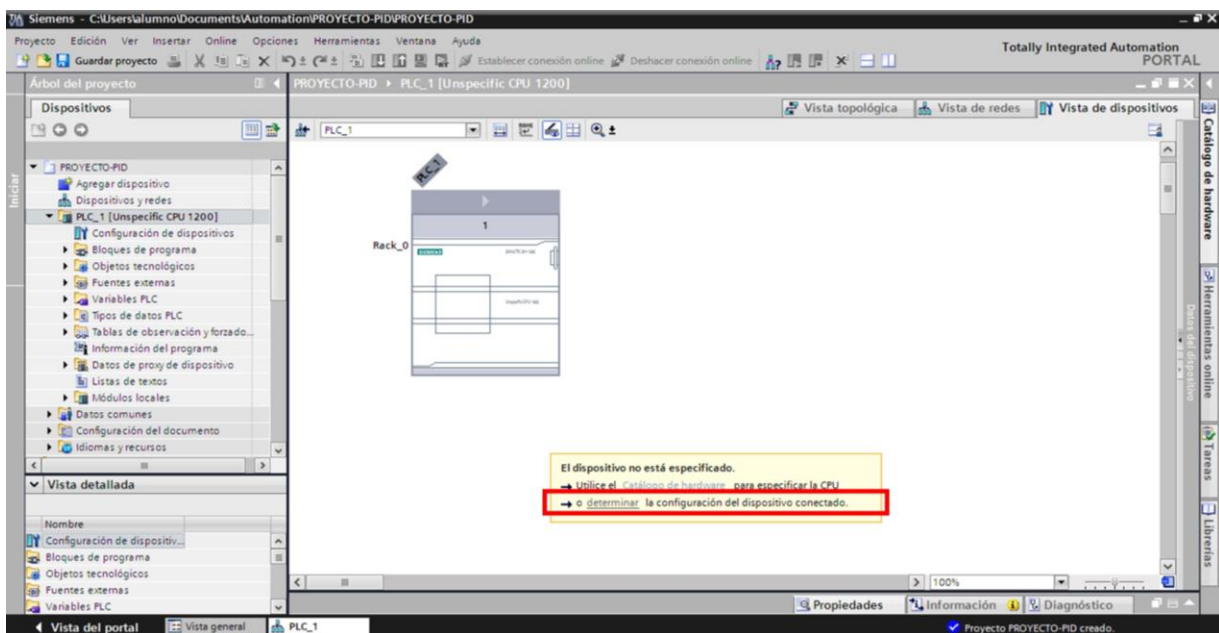


Figura 15. PLC sin especificar.

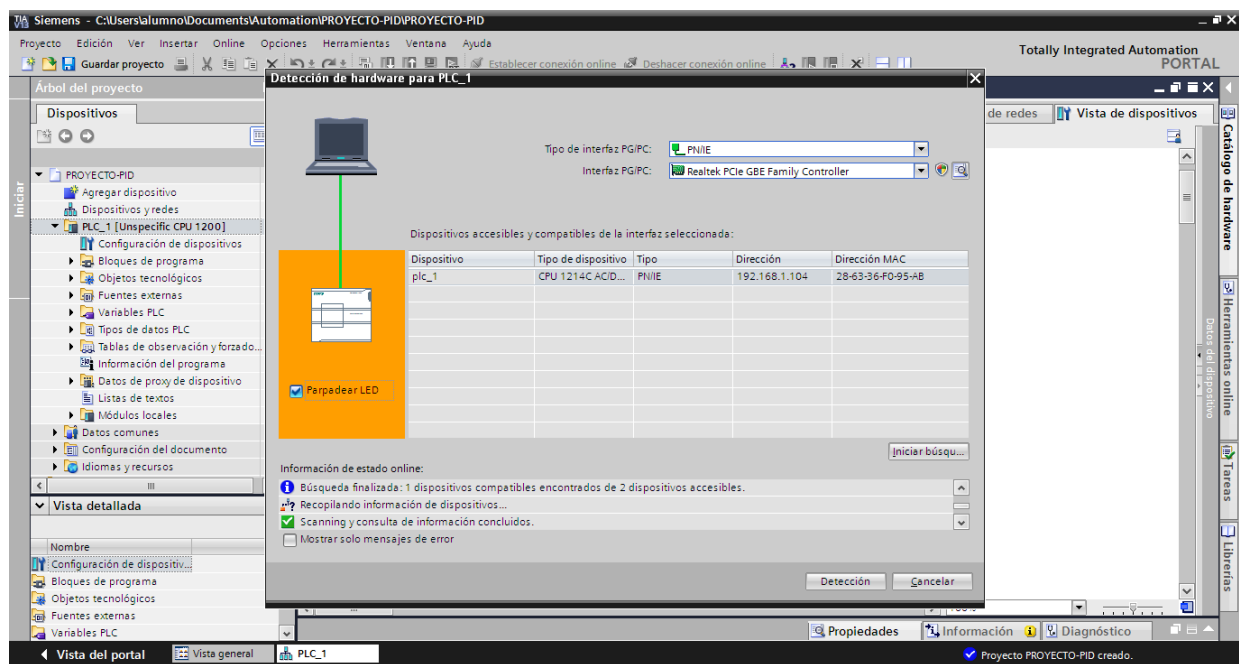


Figura 16. Reconocimiento PLC.

Una vez reconocido el PLC, la vista es la observada en la Figura 17. En esta vista se puede observar la configuración del dispositivo para administrarle la dirección correcta, los bloques de programa, variables, tipos de datos, tablas de observación, etc.

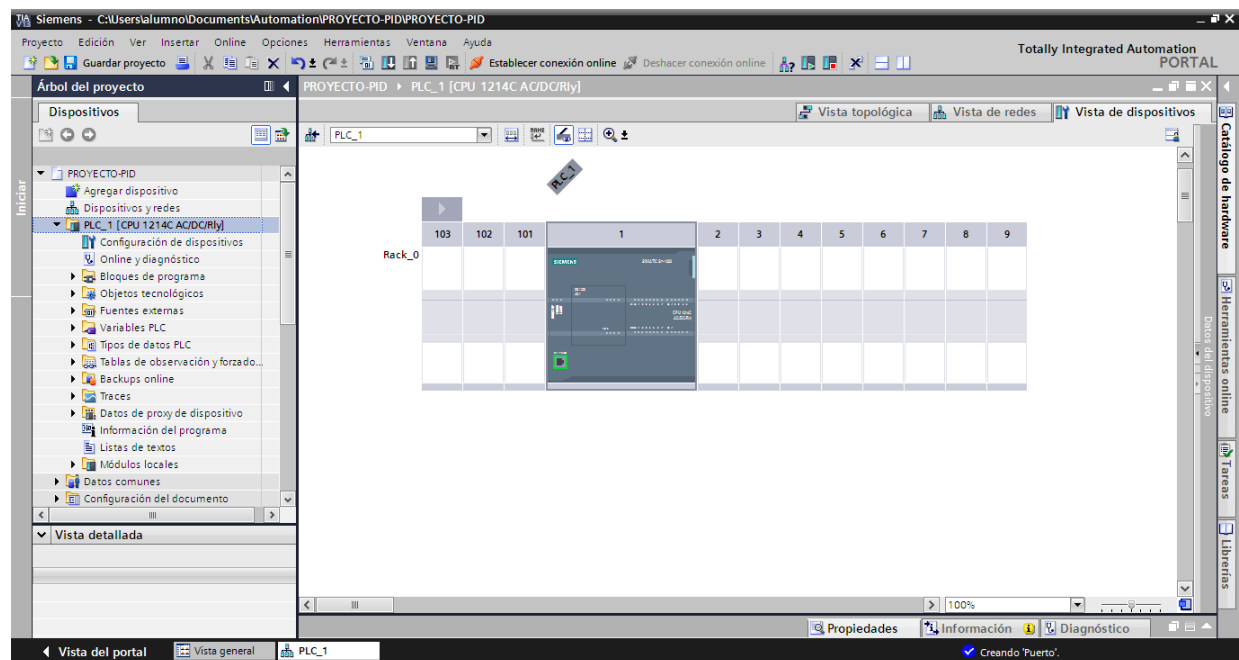


Figura 17. Vista previa del PLC.

De igual forma, se agrega otro dispositivo que en este caso es una pantalla SIMATIC HMI como se puede observar en la Figura 18. Por consiguiente y buscando el modelo de la pantalla que es éste caso es una pantalla de 7 pulgadas 6AV2 123-2GB03-0AXO, tal y como se puede apreciar en la Figura 19.

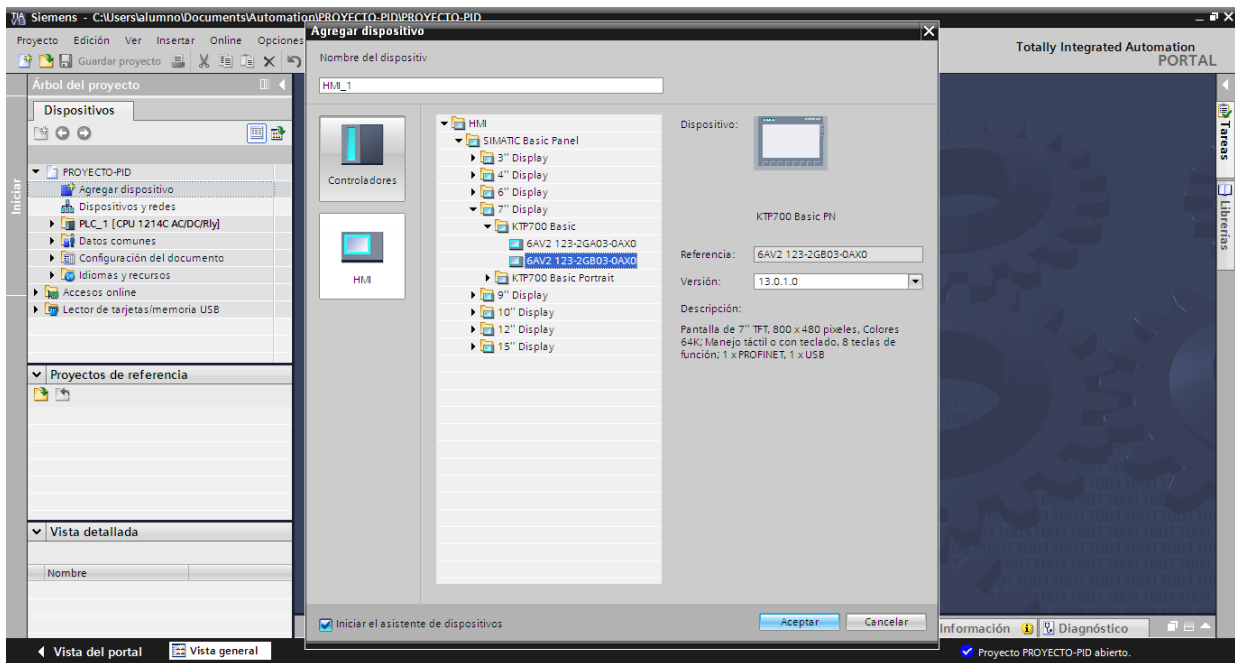


Figura 18. Agregar dispositivo HMI.

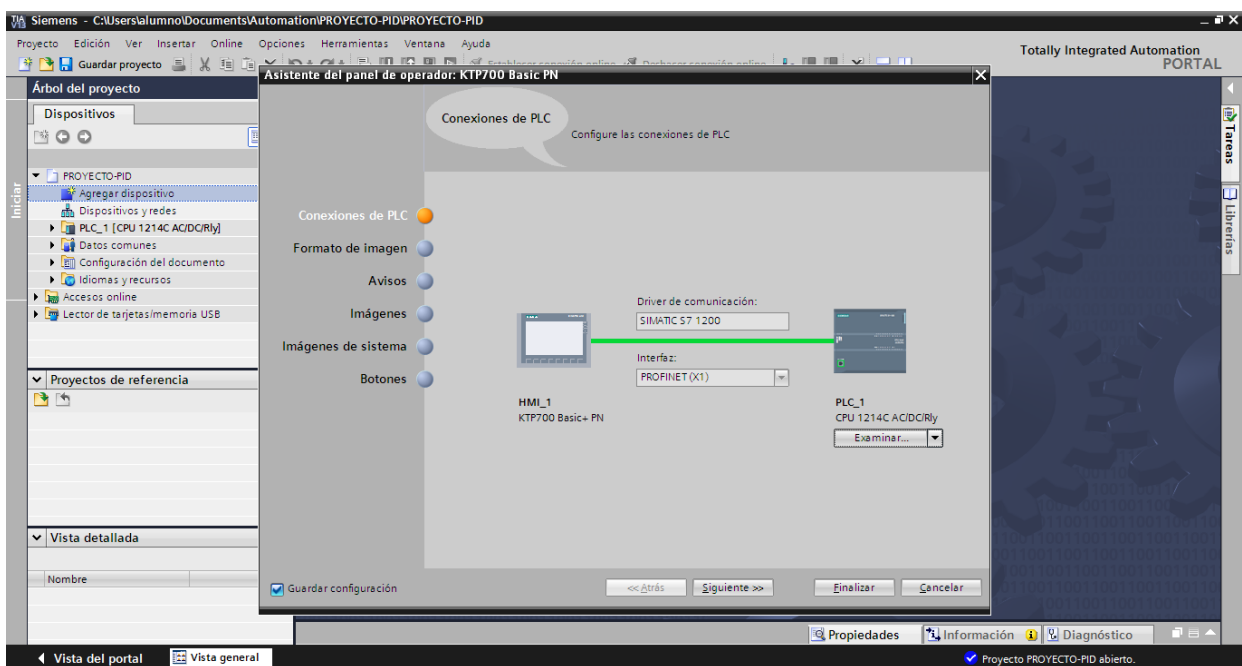


Figura 19. Conexión de la SIMATIC HMI con el PLC.

Una vez realizado todos los pasos dependiendo del tipo de configuración que se desea, se tiene la vista observada en la Figura 20, pudiendo modificar imágenes, plantillas, variables, etc.

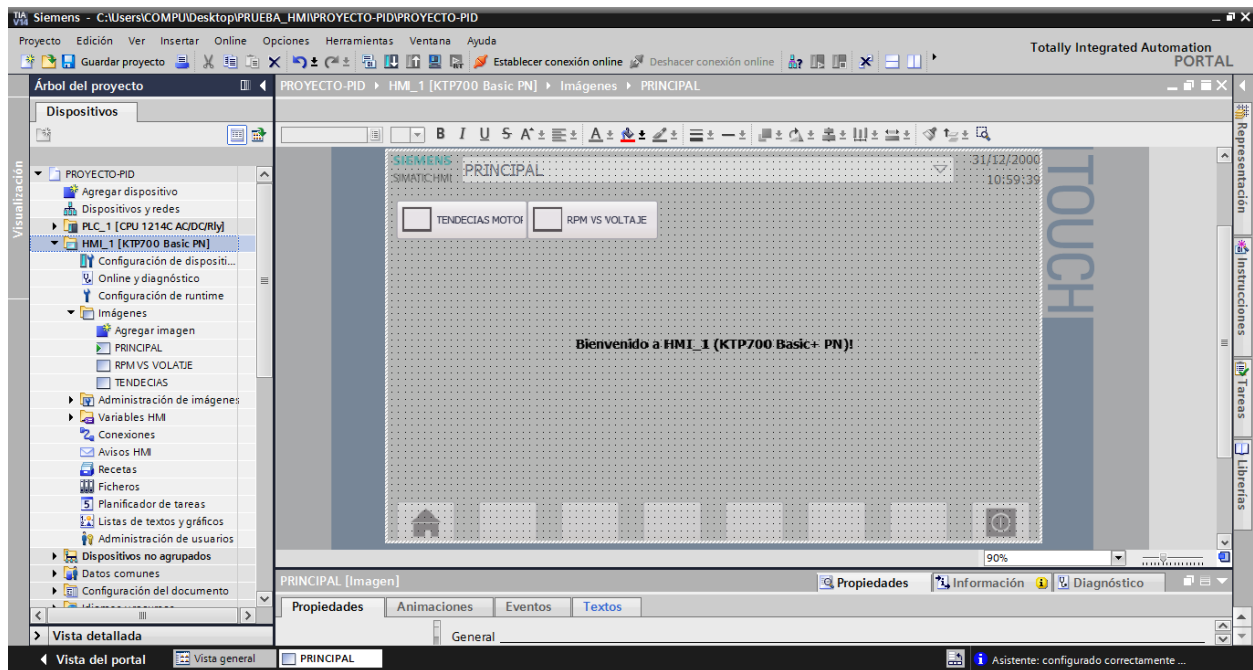


Figura 20. Vista previa de la HMI.

Tras agregar los diferentes dispositivos, en el apartado de dispositivos y redes se pueden consultar las distintas conexiones que hay en vista de redes. En la Figura 21 se puede observar que se unen mediante una conexión PN/IE, cada una con sus diferentes direcciones IP. Esto va a permitir que, a la hora de programar la pantalla, se pueda establecer una conexión entre las variables de la pantalla y las del PLC.

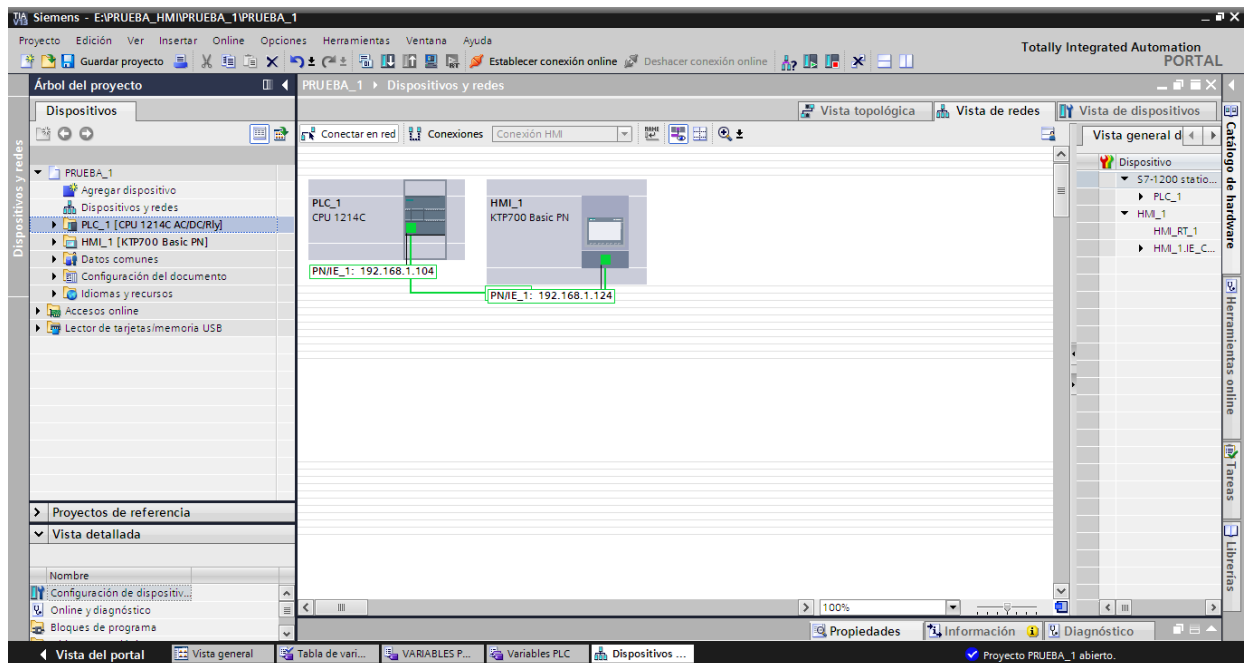


Figura 21. Dispositivos, redes y direcciones IP.

Siempre se debe tener a vista el icono de compilar y cargar al dispositivo. Si no se dispone de los dispositivos físicos, se puede utilizar el icono que permite iniciar la simulación. Se puede acceder a ellos desde cualquier pantalla ya que se encuentran en la barra de herramientas superior, véase la Figura 22.





Figura 22. Iconos de compilar, cargar e iniciar la simulación respectivamente.

Cabe mencionar establecer la conexión online a la hora de hacer un programa en un PLC, esta conexión que se establece con el dispositivo permite ver qué ocurre a tiempo real en el programa gracias al icono mostrado en la Figura 23. Además, esta opción también permite visualizar alertas sobre cualquier incidente con el dispositivo.

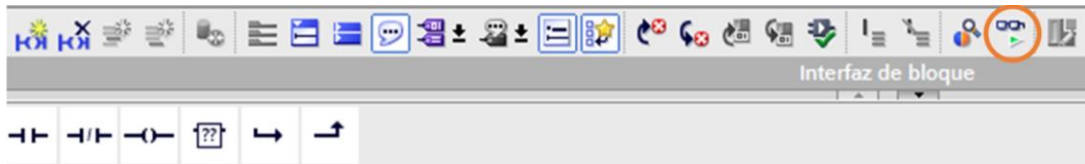


Figura 23. Icono de observación

## 3.2 Programación PLCs

Para programar un PLC hay que tener en cuenta que existen diferentes tipos de bloques. Existen bloques de organización (OB), como el main que se puede observar en la Figura 24, que se ejecutan cíclicamente y dentro de ellos se pueden llamar a otros bloques; bloques de función (FB) que son bloques lógicos que depositan su valor de forma permanente en el bloque de instancia permitiendo así el uso de la función en otro bloque de instancia distinto; funciones (FC) que consisten en bloques lógicos sin memoria y bloques de datos (DB) para almacenar datos del programa.

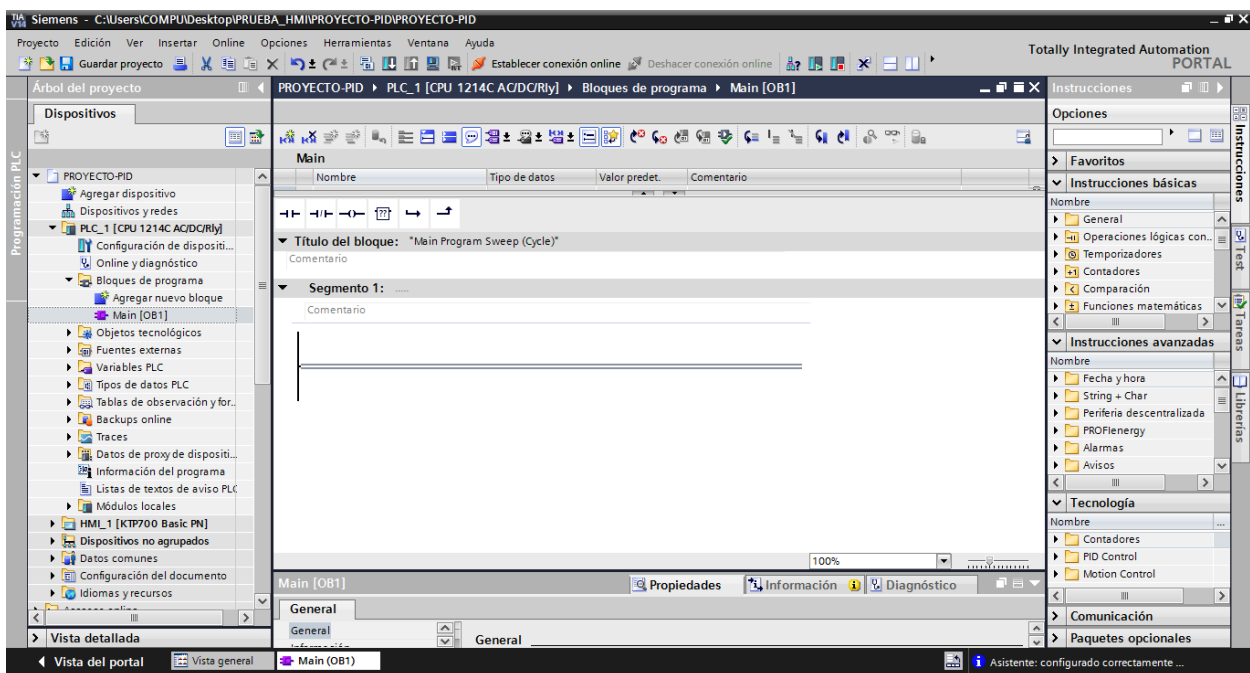


Figura 24. Vista del programa principal PLC (main).

Así mismo para que la programación sea de forma ordenada y tenga cierto nivel jerárquico se utiliza funciones dentro de las cuales se programaran cada una de las entradas y salidas del PLC.

Por lo tanto, se da un click en agregar nuevo bloque y se procede a seleccionar función como se puede observar en la Figura 25.



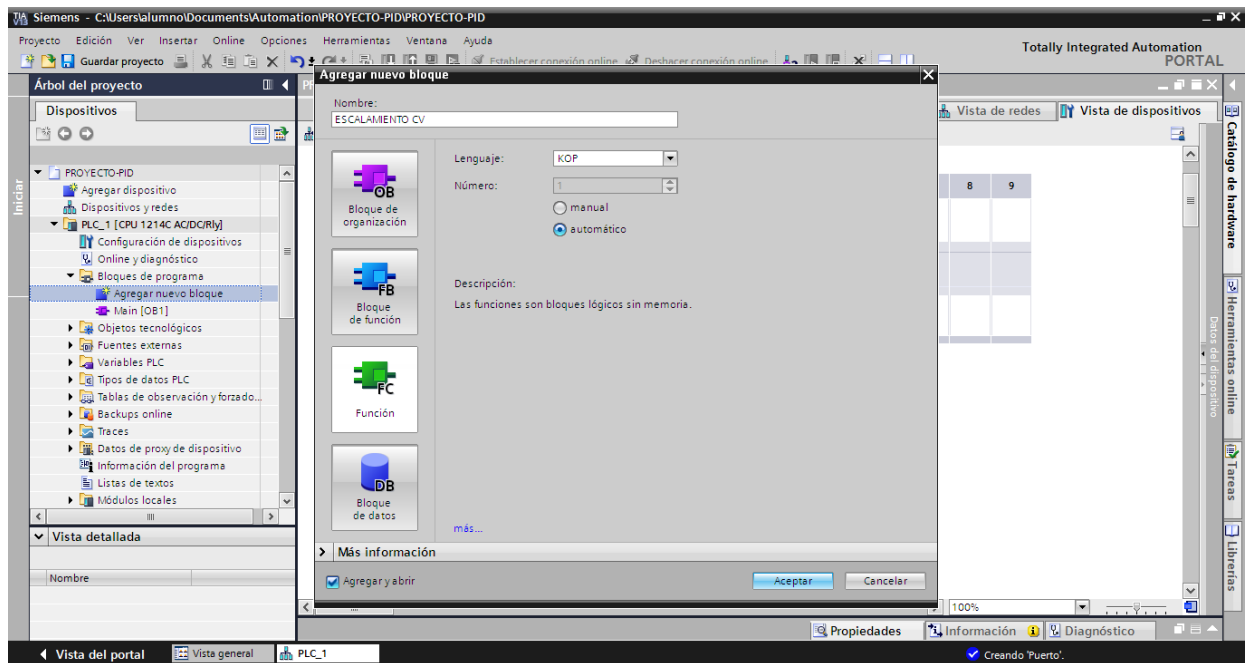


Figura 25. Agregar bloque de función.

Una vez seleccionado se tiene un nuevo bloque de función como puede observar en la Figura 26, en donde se programa que entradas y que salidas se necesita, hay que tener en cuenta que las funciones deben ser llamadas en el bloque de organización principal.

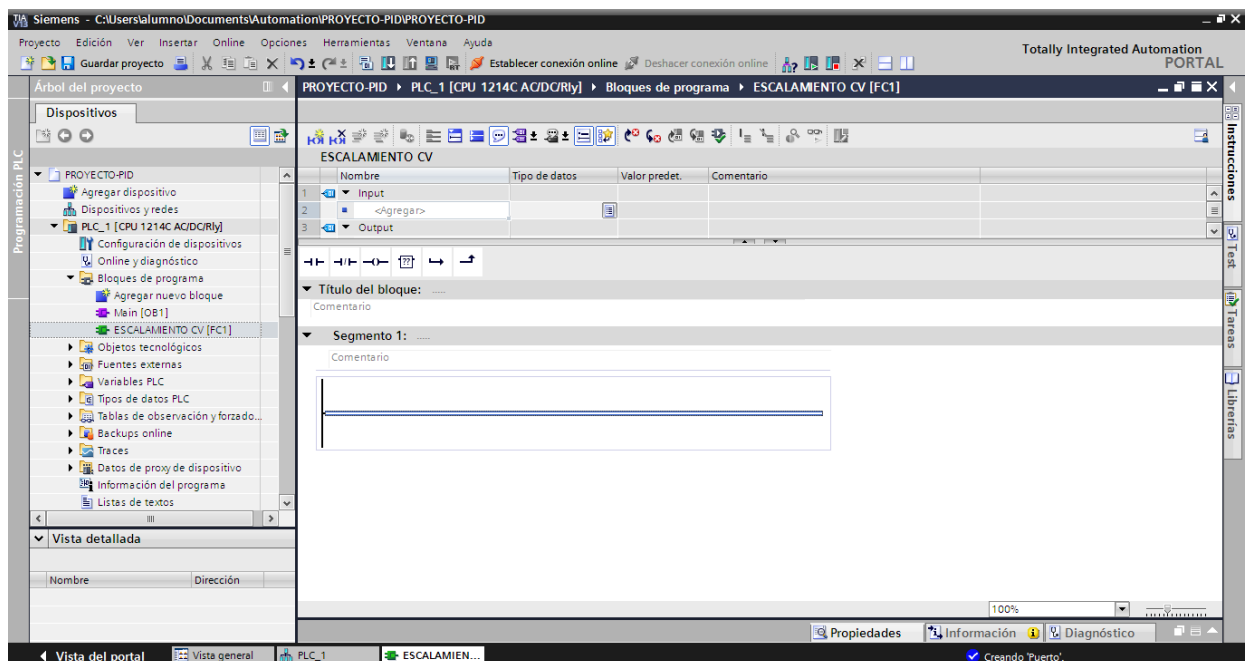


Figura 26. Vista de la función.

Dentro del proyecto se utiliza 2 bloques de organización (OB), el principal denominado main, anteriormente mencionado y una alarma cíclica.

Por lo tanto, para colocar ésta alarma cíclica, se da un click en agregar nuevo bloque y se procede a seleccionar alarma cíclica como se puede observar en la Figura 27.

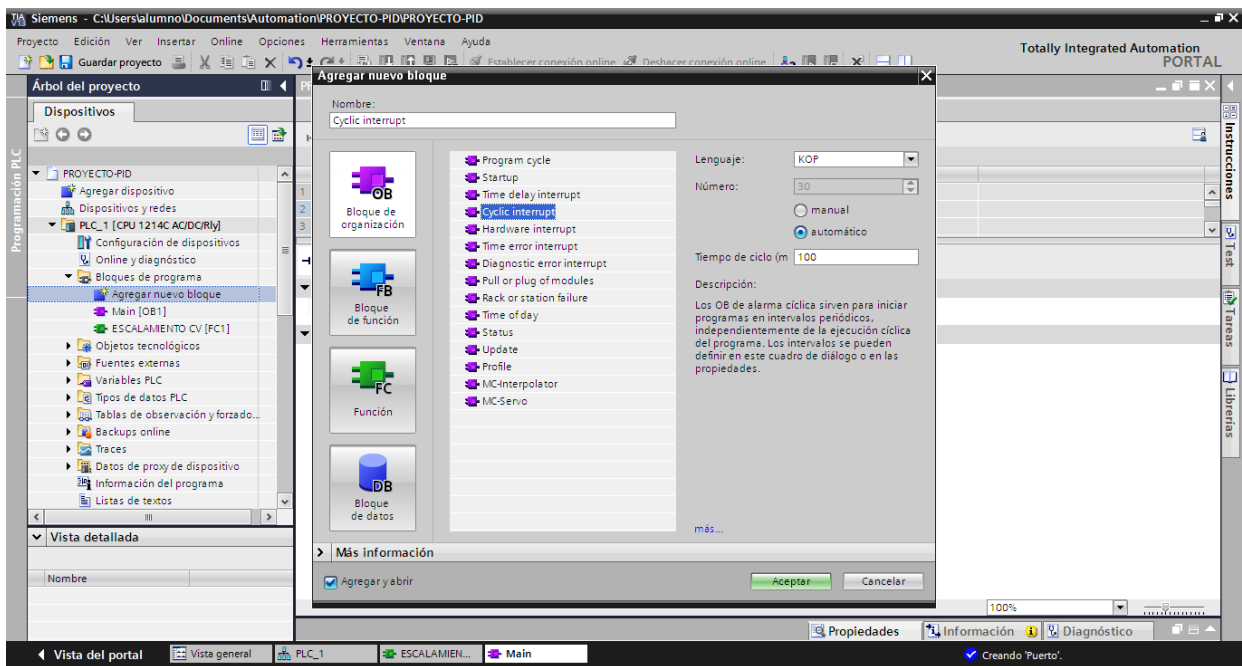


Figura 27. Agregar bloque de alarma cíclica.

Una vez seleccionado se tiene un nuevo bloque de organización como se aprecia en la Figura 28, donde se ejecutará el controlador PID.

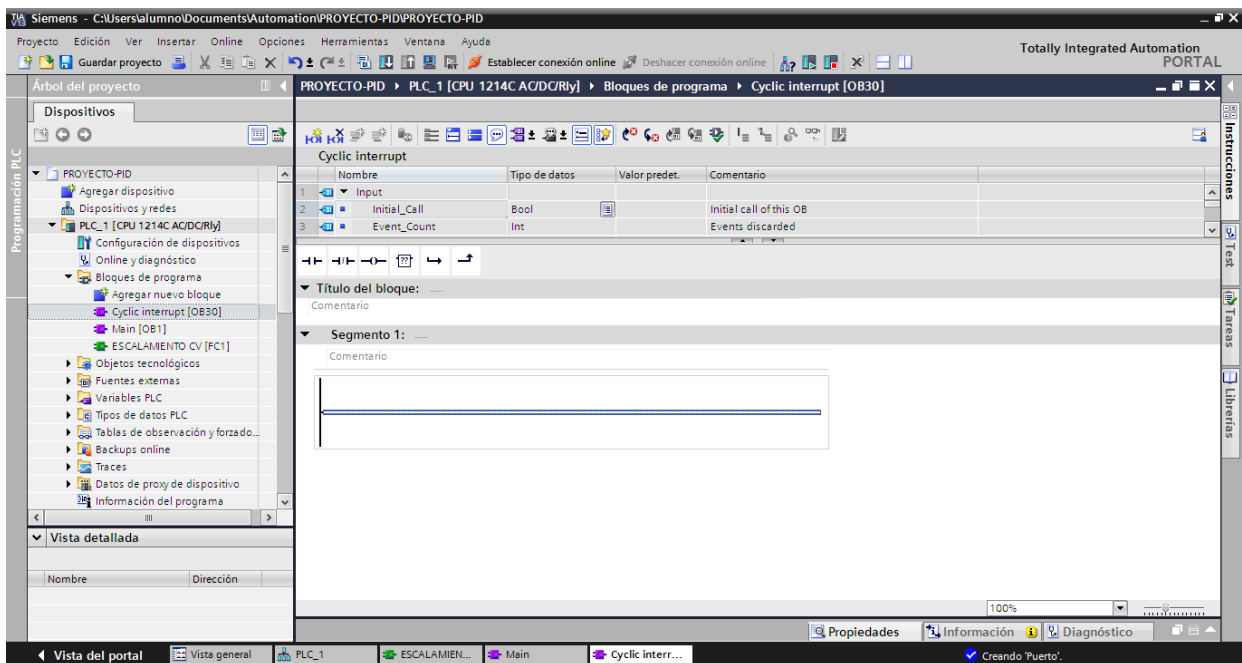


Figura 28. Vista de la alarma cíclica donde se ejecutará en controlador PID.

### 3.2.1 Lenguaje PLCs

El lenguaje de programación para el programa principal, la alarma cíclica y las funciones se utiliza el lenguaje KOP, lenguaje de contactos, el cual es muy intuitivo al momento de programar.

### 3.2.2 Instrucciones básicas empleadas en PLCs

Al programar Tia Portal tiene una ventana de favoritos que permite colocar los elementos más usados, como se puede observar en la Figura 23.

Existe también una ventana de instrucciones, con las diferentes carpetas, sean estas instrucciones básicas, avanzadas, tecnológicas, de comunicación y de paquetes opcionales, como se puede apreciar en la Figura 24.

En el proyecto se ha hecho uso de las diferentes instrucciones, por ello en la Tabla 3 se exponen algunas de las instrucciones básicas utilizadas. Para proceder a explicar las instrucciones faltantes de manera más detallada, ya que son las que tienen mayor relevancia en el proyecto propuesto.





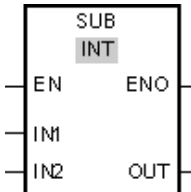
Instrucción Básica	Gráfico	Característica
General		Permite introducir un nuevo segmento en el programa.
General		Permite introducir instrucciones, como p.e. MOVE.
General		Permite crear ramas paralelas.
General		Permite cerrar las ramas creadas.
Operaciones Lógicas con bits	-   -	Contacto normalmente abierto.
Operaciones Lógicas con bits	-  /  -	Contacto normalmente cerrado.
Operaciones Lógicas con bits	-( )-	Asignar asignación.
Operaciones Lógicas con bits	-( S )-	Activar salida
Operaciones Lógicas con bits	-( R )-	Desactivar salida.
Funciones Matemáticas		Permite restar un numero entero de otro.

Tabla 3. Instrucciones básicas.

Por otro lado, de las instrucciones faltantes del proyecto se indican en la Tabla 4. Este tipo de instrucciones permiten normalizar, escalar las entradas y salidas del PLC. Estas instrucciones se encuentran de igual forma en instrucciones básicas.

NORM_X	Normaliza el rango de operación de 0 a 1.
SCALE_X	Escala el rango de operación de 0 a 27648 bits.

Tabla 4. Normalización y escalamiento.

- Normalizar

La instrucción normalizar nos permite normalizar el valor del parámetro VALUE mapeándolo en una escala lineal como se puede ver en la Figura 29. Los parámetros MIN y MAX sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, el resultado se calcula y se deposita en el parámetro OUT. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor del parámetro MIN, el parámetro OUT devuelve el valor "0.0". Si el valor que se debe normalizar es igual al valor del parámetro MAX, el parámetro OUT devuelve el valor "1.0".

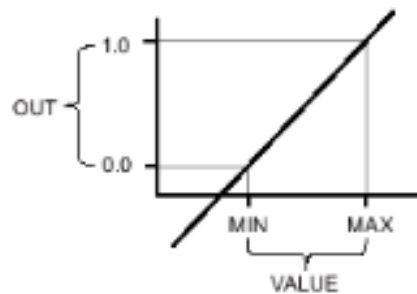


Figura 29. Normalizado de valores.

En la Figura 30 se puede apreciar gráficamente como se muestra en Tia Portal la función normalizado.

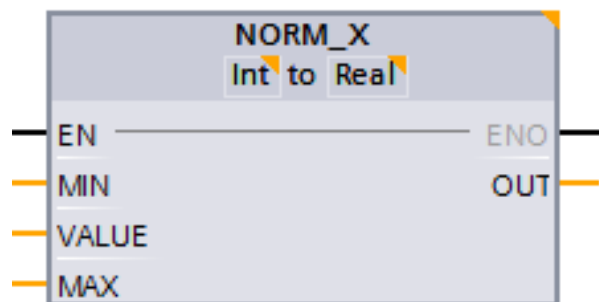


Figura 30. Instrucción NORM\_X.

- Escalar

La instrucción escalar escala el valor de la entrada VALUE mapeándolo en un determinado rango de valores. Al ejecutar la instrucción escalar, la entrada VALUE se escala al rango de valores definido por los parámetros MIN y MAX. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida OUT.

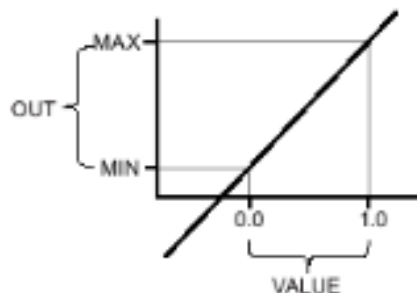


Figura 31. Escalado de valores.

En la Figura 32 se puede apreciar gráficamente como se muestra en Tia Portal la función escalado.

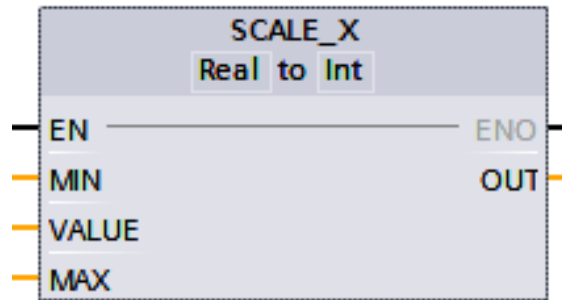


Figura 32. Instrucción SCALE\_X.

### 3.2.3 Instrucción Tecnológica empleada en el PLC

La instrucción tecnológica que se necesita en el proyecto es el PID\_Compact la cual ofrece un regulador PID con optimización integrada para los modos automático y manual. El PID\_Compact se llama en un periodo constante del tiempo de ciclo del OB (preferentemente en un OB de alarma cíclica).

En la Figura 33 se puede apreciar la instrucción PID\_Compact la cual se encuentra en las instrucciones tecnológicas, ésta instrucción se debe arrastrar a una alarma cíclica como se menciona antes.

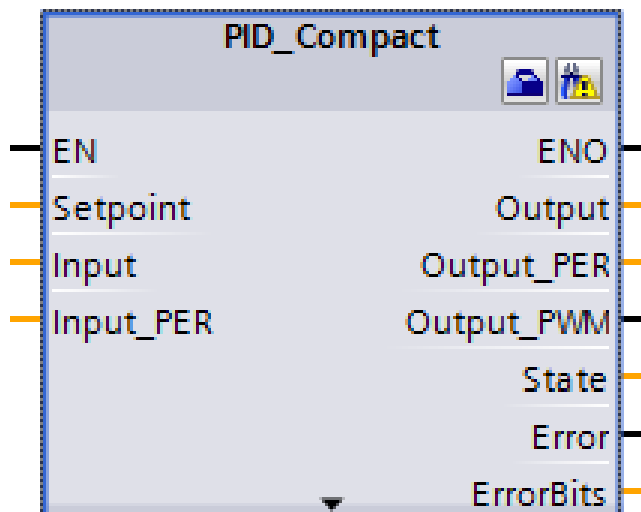


Figura 33. Instrucción PID\_Compact.

A continuación, se describe algunos datos importantes acerca del PID\_Compact.

#### 3.2.3.1 Tiempo de muestreo del algoritmo PID

Dado que el sistema regulado necesita cierto tiempo para responder a un cambio del valor de salida, no es razonable calcular este valor en cada ciclo. El tiempo de muestreo del algoritmo PID es el tiempo entre dos cálculos del valor de salida. Este se determina durante la optimización y se redondea a un múltiplo del tiempo de ciclo. Todas las demás funciones de PID\_Compact se ejecutan con cada llamada.

#### 3.2.3.2 Parámetros de entrada PID\_Compact

En el trabajo planteado se utiliza la entrada Input debido a que el control PID se realiza en porcentaje.

<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de datos</b>	<b>Ajuste predeterminado</b>	<b>Descripción</b>
Setpoint	REAL	0.0	Consigna del regulador PID en modo automático
Input	REAL	0.0	Una variable del programa de usuario se utiliza como origen del valor real
Input_PER	WORD	w#16#0	Entrada analógica como origen del valor real

Tabla 5. Parámetros de entrada del PID\_Compact.

### 3.2.3.3 Parámetros de salida PID\_Compact

De igual forma la salida que se utiliza en el trabajo es una Output para tener una salida en porcentaje, es por eso que se guarda en una localidad, esta salida se procede a normalizarla, escalarla y posteriormente enviarla hacia la variable de control (CV), la cual actúa sobre el diodo LED.

<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de datos</b>	<b>Ajuste predeterminado</b>	<b>Descripción</b>
Output	REAL	0.0	Valor de salida en el formato REAL
Output_PER	WORD	w#16#0	Valor de salida analógica
Output_PWM	BOOL	FALSE	Valor de salida modulado por ancho de pulso
State	INT	0	Indica el modo de operación actual del regulador PID. El modo de operación se cambia con la variable sRet.i_Mode
Error	DWORD	w#16#0	Indica los mensajes de error

Tabla 6. Parámetros de salida del PID\_Compact.

### 3.3 Programación HMI

La programación de una pantalla SIMATIC HMI es totalmente distinta, dado que no se emplea un lenguaje como tal. Primeramente, es fundamental crear una plantilla al gusto, o bien usar la que ya viene creada.

Esto permite que a medida que se vayan añadiendo pantallas, inicialmente todas sean iguales. Para acceder a las plantillas solamente hay que abrir la carpeta de administración de imágenes y en su interior se encuentran las plantillas.

Como podemos observar en la barra de herramientas situada en el lateral derecho, véase la figura 34, resultan interesantes: herramientas, que dispone de los objetos, elementos y controles que se pueden introducir en la pantalla; animaciones, que permiten variar los elementos u objetos; representación, permite ver de forma esquemática lo que contiene la pantalla; y gráficos, que permite realizar diagramas en las pantallas.

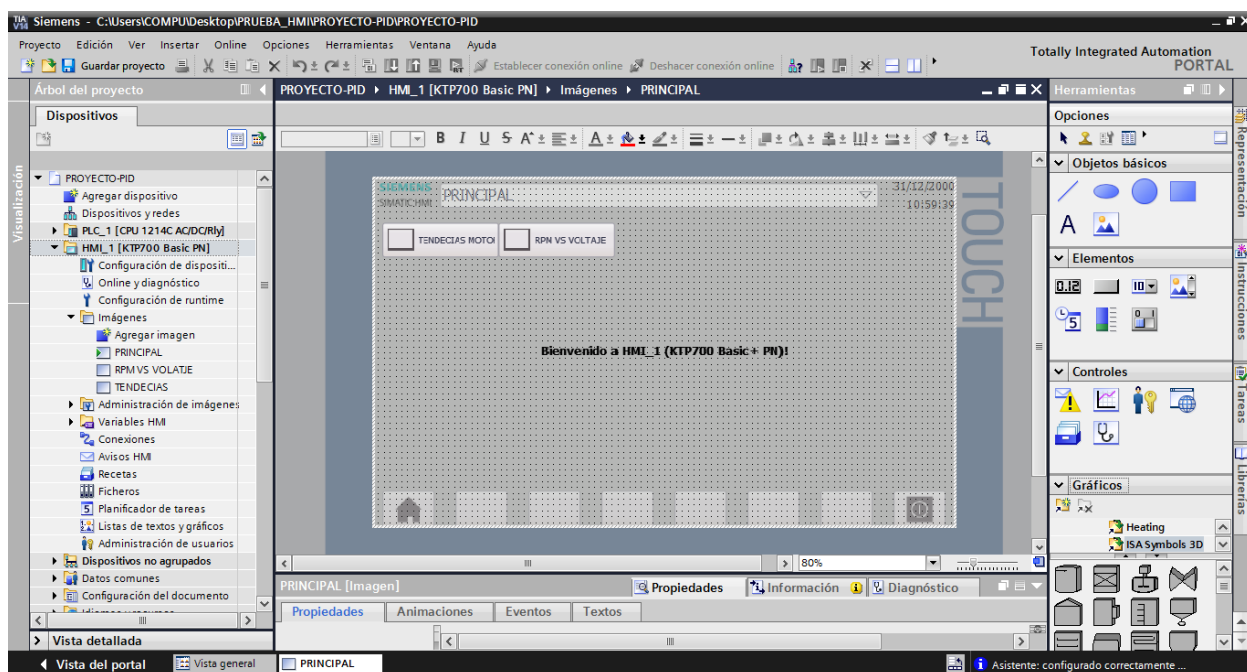


Figura 34. Pantalla HMI.

Para poder entender la programación de las pantallas hay que tener claro la diferencia entre eventos y animaciones. Un evento es una función relacionada con un cambio. Y una animación se refiere a la forma física de la herramienta, es decir, su visibilidad o apariencia.

En la Tabla 7 se muestran las posibles formas en las que puede suceder un evento de las herramientas empleadas en éste proyecto. Dentro de las posibles funciones que se pueden realizar en un evento, más común y fácil de usar es: ActivarBit y DesactivarBit.

Por otra parte, el campo de entradas y salidas son de gran importancia para el presente proyecto debido a que se necesita monitorear las variables del PID, bien sean las variables de entrada y salida, así como las constantes del controlador PID.





Texto		No permite eventos
Campo de entrada/salida		Activar o desactiva
Botón		Hacer clic / Pulsar / Soltar / Activar / Desactivar
Visor de curvas		El visor de curvas permite representar gráficamente variables del proceso actual o bien del fichero en forma de curvas.

Tabla 7. Herramientas empleadas y eventos disponibles.

### 3.3.1 Comunicación entre HMI y PLC

Para establecer una conexión entre la pantalla y el PLC, debe existir una conexión entre los dispositivos. Si a la hora de agregar la pantalla no se estableció esta conexión, ésta debe hacerse de forma manual al igual que cuando se conectaron dos autómatas, véase la Figura 21.

Si la conexión ya está establecida, cuando se cree una variable en la pantalla tiene que dar la opción de crear un acceso a una del autómata. Este acceso puede ser simbólico o absoluto. Si se trata de una simbólico, la pantalla no podrá modificar la variable, de forma absoluta sí puede.

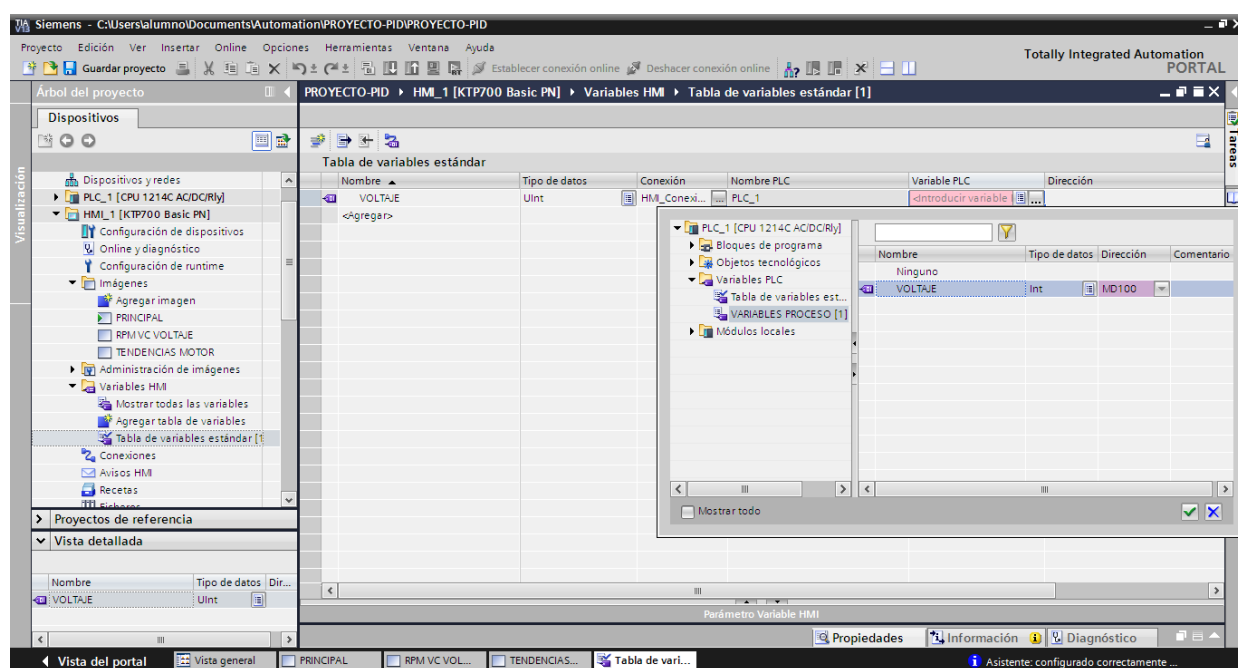


Figura 35. Conexión de variables PLC-HMI.

Como se puede observar en la figura 35, se elige el PLC al que se desea acceder para seleccionar la variable que desea tener el HMI. Es importante tener en cuenta el ciclo de adquisición, dado que vamos a monitorear un proceso real, para lo cual se selecciona 100 ms.

Para evitar complicaciones, en el proyecto propuesto, todas las variables que resultan conectadas entre los autómatas y las pantallas están en acceso absoluto.



## 4 ENTRADAS Y SALIDAS PLC

Este capítulo presenta la planta a la cual se aplica el controlador PID, para lo cual obtuvimos su curva estática permitiéndonos evaluar su comportamiento lineal, además se hablará de las entradas hacia el PLC que en éste caso son dos sensores, el primero, es un sensor inductivo el cual envía una señal digital y un motor DC que está acoplado junto al motor que actuará como generador el cual envía una señal analógica. Como salida se tiene una señal de 10 voltios del Signal Board, por medio del cual es controlada la variable de control que en éste caso es el voltaje emitido hacia el diodo LED.

### 4.1 Planta

La planta es un Motor DC como se puede observar en la Figura 11, al cual se realiza el control de velocidad PID, el rango de operación del motor DC es de 780 a 4020 rpm, éste rango lo se llega a deducir por medio de diferentes pruebas, ya que la variable de control (CV) que actúa sobre el motor no es lineal.

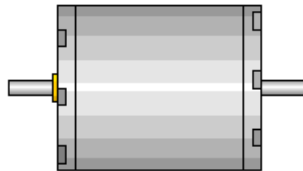


Figura 36. Planta del proceso (Motor DC)

La variable de control (CV) que actúa sobre el motor, viene de una secuencia de diferentes componentes electrónicos, es por ello que se saca la característica estática del motor dando una entrada y obteniendo una salida.

La entrada en este caso es el voltaje enviado hacia diodo LED, por medio del cual en función de su variación cambia la velocidad del motor, estando por medio la circuitería que se explica más a detalle en la sección 3.3.1.

Hay que tener en cuenta que para la toma de datos se debe realizar en lazo abierto. Como se puede observar en la curva se tiene dos zonas, una zona de comportamiento no lineal y una zona de comportamiento lineal, este aspecto se debe considerar al momento de realizar el control PID.

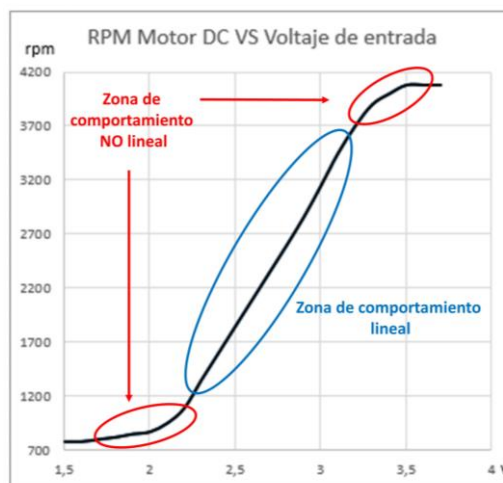


Figura 37. Consideraciones sobre curva estática del motor DC

## 4.2 Entradas PLC

Las entradas del PLC en nuestro caso son las variables del proceso (PV), existen dos variables, la primera variable es una señal digital la cual se obtiene del sensor inductivo, la segunda variable es una señal analógica la cual la se obtiene de un motor DC que esta acoplado al motor DC principal.

### 4.2.1 Señal digital

La señal digital obtenida es de un sensor inductivo que detectará cada vez que gira el motor por medio de un contacto metálico como se puede observar en la Figura 13. Por medio de un contador rápido (HSC), se puede determinar la frecuencia con la que pasa el contacto metálico en un segundo. Al tener la frecuencia multiplicándola por 60 segundos que tiene un minuto, dándonos como resultado la velocidad del motor en revoluciones por minuto.

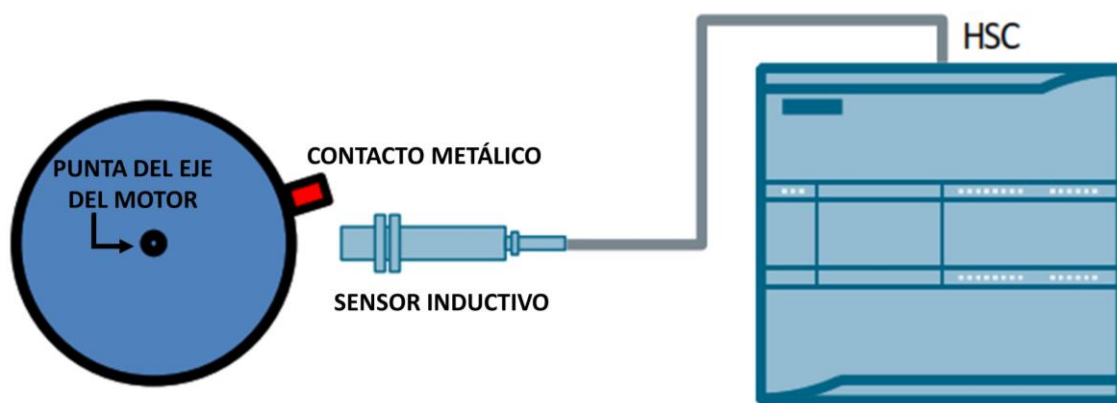


Figura 38. Medición de velocidad en caso de un pulso por rotación.

Por medio del contador rápido se obtiene la señal en rpm la cual se debe normalizar y escalar el rango de operación del motor DC, obtenido como resultado una salida en porcentaje como se puede observar en la Figura 39.

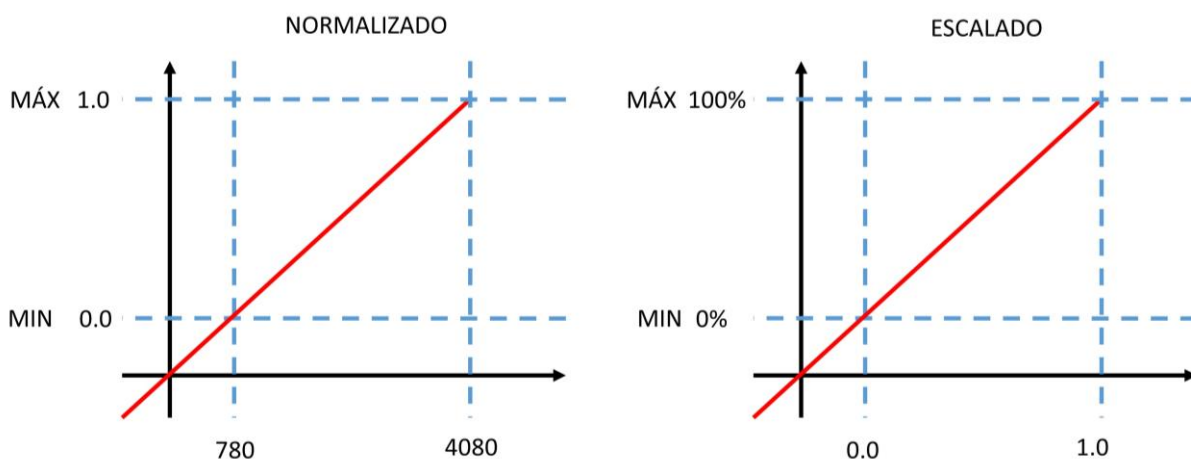


Figura 39. Normalizado y escalado del rango de operación del motor DC.

### 4.2.2 Señal Analógica

La señal analógica obtenida es por medio de un motor DC que está acoplado al motor DC principal como se puede observar en la Figura 40, se obtiene una señal de voltaje, específicamente en milivoltios, ésta señal no será usada para el control PID. Los datos obtenidos servirán para determinar la velocidad en función del voltaje que se obtiene del generador. Se realiza esta comprobación práctica obteniendo curvas tanto del motor DC como del generados teniendo como entrada el voltaje emitido hacia el LED. Como se puede observar en la Figura 41.

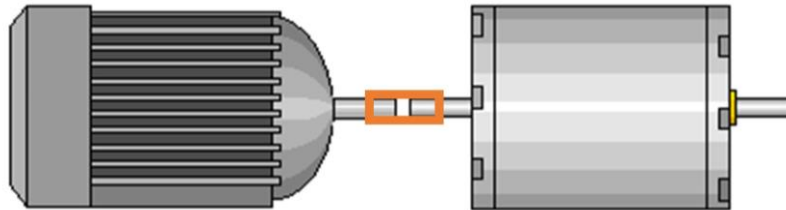


Figura 40. Acoplamiento del motor DC con el motor generador

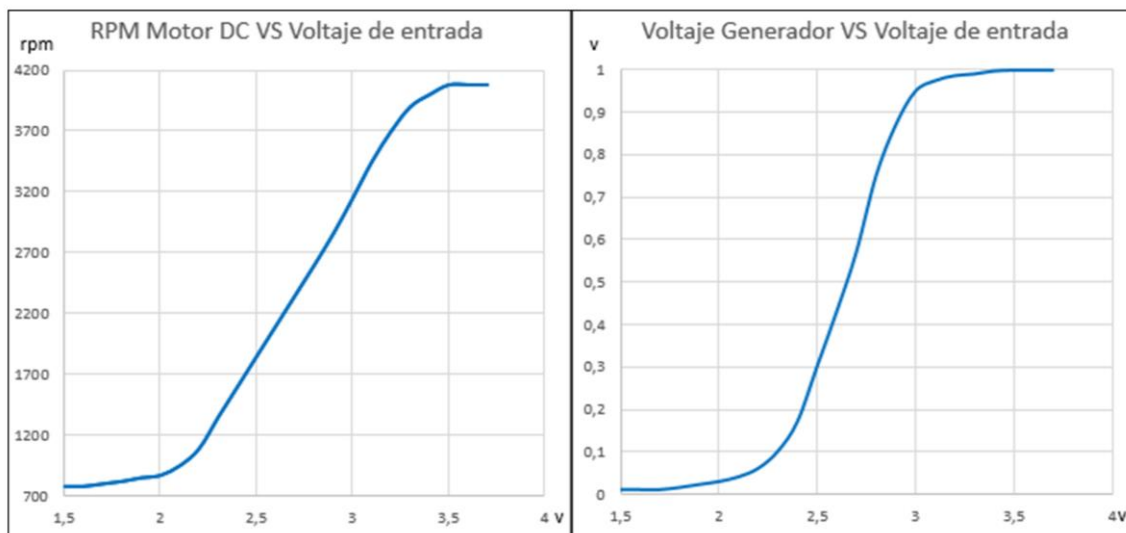


Figura 41. Curvas RPM del motor DC, voltaje del generador VS voltaje emitido al diodo LED.

## 4.3 Salida PLC

La salida del PLC es por medio del Signal Board, el mismo tiene una salida de tensión de  $\pm 10\text{V}$ , este voltaje en algunos es fijo no se puede cambiar en la programación.

### 4.3.1 Salida Analógica

La señal de salida del PLC es la variable de control (CV), la misma que suministra el voltaje que requiere el diodo led para por medio del cual aumentar o disminuya la resistencia misma que inyecta hacia el controlador de velocidad variable y permite variar la velocidad del motor DC como se puede observar en la figura 42.

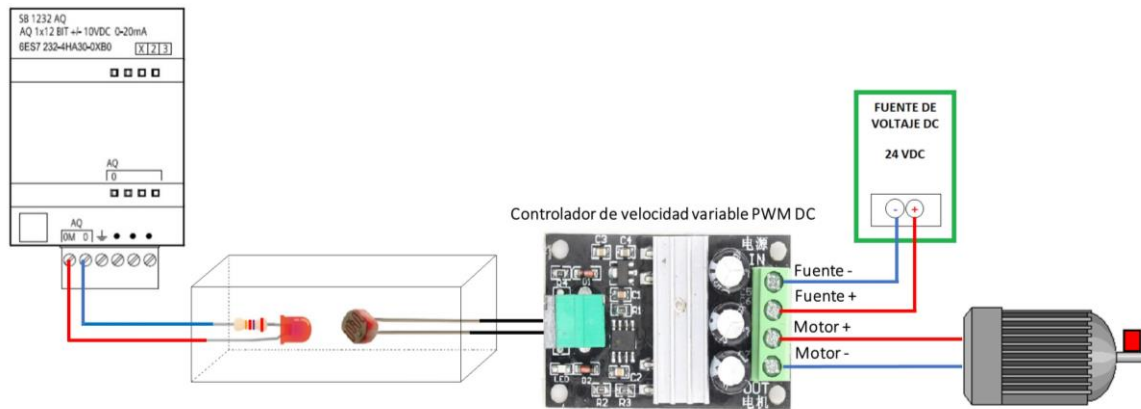


Figura 42. Diagrama implementado para la variable de control.

Es un poco complejo entender la variable de control debido a que intervienen diferentes componentes electrónicos y depende uno del otro, es por eso que se realiza una tabla en donde se puede visualizar los rangos de operación de todos los componentes como se puede observar en la Tabla 9.

Voltaje emitido al diodo LED	Resistencia de la fotorresistencia LDR	Porcentaje PWM del variador de velocidad DC	RPM del motor DC	Voltaje del generador
10300 - 3,7 v	100 $\Omega$	10%	780	0,01v
4000 - 1,5 v	10 M $\Omega$	75%	4080	1v

Tabla 8. Datos obtenidos experimentalmente.

Por medio de la tabla presentada deducimos el rango de operación al cual se debe normalizar y escalar el, obtenido como resultado una salida en porcentaje como se puede observar en la Figura 43.

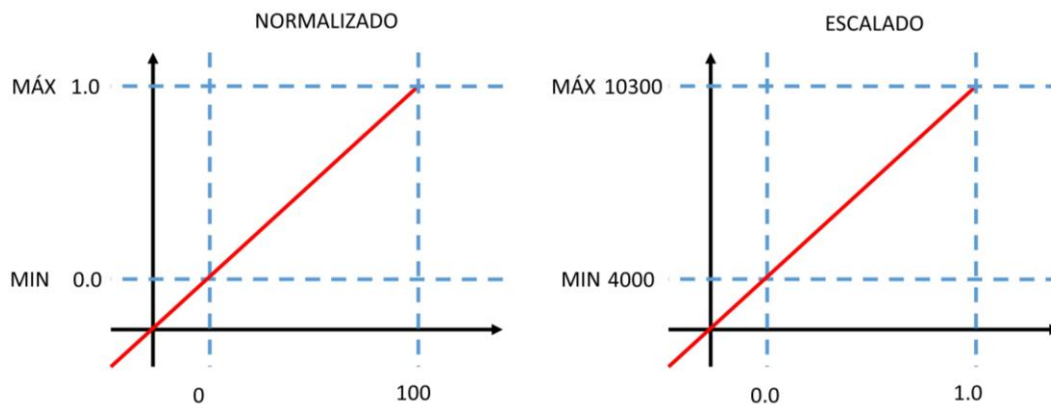


Figura 43. Normalizado y escalado del rango de operación de diodo LED.

Como se puede observar se tiene una variable de control que va a actuar indirectamente debido a la circuitería implementada, esto hay que tener en cuenta al momento de programar en el PLC como se procede a ver en el capítulo 5.

## 5 DESARROLLO

EL desarrollo de la aplicación se empezará realizando diferentes diagramas poniendo en claro el control que se va a aplicar, una vez claro el sistema se procede a la configuración de dispositivos de control, además visualizar el proceso, con la finalidad de que el sistema en lazo cerrado sea capaz de controlar de manera autónoma el proceso. Para realizar el control del sistema se utilizará un PLC, el cual recibe una señal digital de la variable del proceso de velocidad proveniente de un sensor inductivo, el PLC procesa la información de acuerdo al modo de control configurado para el proceso y envía una señal de control hacia el diodo LED con la cual variará la velocidad del motor cambiando las RPM realizando el control requerido.

Además, será posible visualizar las variables del proceso y monitorear el sistema de velocidad mediante un HMI utilizando una TOUCH PANEL, que contendrá curvas de tendencias del PID, animaciones y monitoreo de las variables.

### 5.1 Diagrama de Flujo del Proceso

La Figura 44 muestra el diagrama de flujo del proceso de velocidad, en donde se ilustra claramente el flujo de información y procesamiento, mismas que se detalla a continuación:

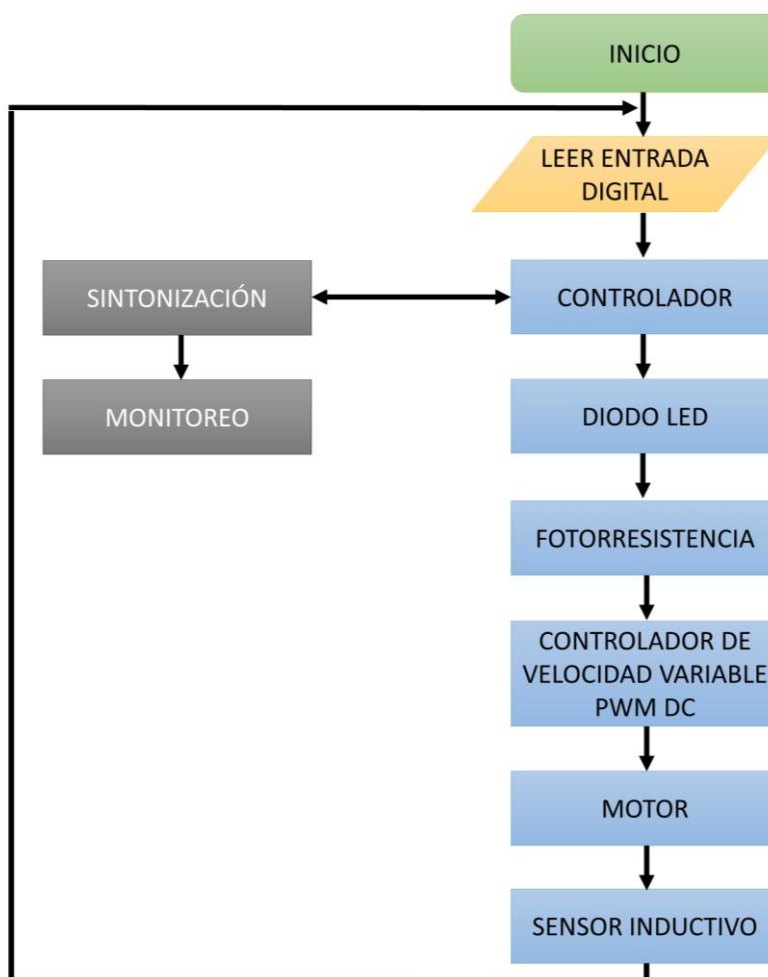


Figura 44. Diagrama de flujo del sistema de velocidad.

## 5.2 Diagrama de Flujo del HMI

La Figura 46 muestra el diagrama de flujo de las operaciones que se ejecutan en la TOUCH PANEL (KTP700 Basic Color PN), para el cambio de punto de consigna y del valor de las constantes PID, además de la visualización de la generación del motor DC.

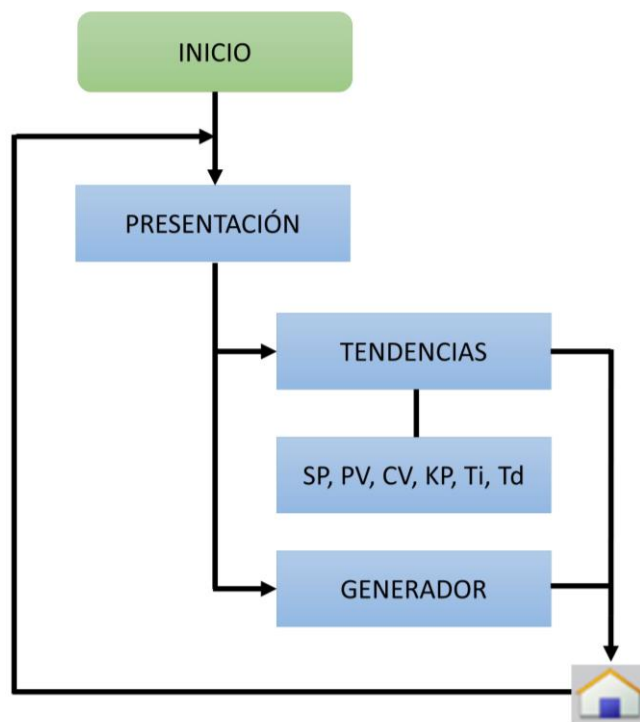


Figura 45. Diagrama de flujo del HMI.

Una vez explicado cómo funciona el sistema por medio de los diferentes diagramas, se empleará como realizar un PID y visualizarlo en una pantalla HMI, para lo cual se partirá de la programación empleada para la obtención de las señales de entrada y salida.

El proyecto se llamará Proyecto Final, por medio del cual se describe lo más relevante en realización de un control PID visto en un HMI.

## 5.3 Proyecto Final

Una vez montado y comprobado el conexionado como se explicó en el apartado 2.2.2, además de cargado el software Tia Portal y añadido el PLC y el HMI correctamente como lo se realizó en el apartado 3.2, se procede a configurar el contador rápido (HSC) para la entrada digital del PLC, cabe recalcar que la señal obtenida viene dada por un sensor inductivo.

### 5.3.1 Contador Rápido (HSC)

Para la configuración del HSC se debe cliclear en las propiedades el PLC, en donde se despliega las mismas, dirigiéndonos hacia los contadores rápidos. En los contadores rápidos se selecciona HSC1 con el cual se va a trabajar, como se puede apreciar en la Figura 47. Además, se tienes que dar un click en activar este contador rápido para trabajar con él y tener la dirección determina por defecto que en nuestro caso es la ID1000.

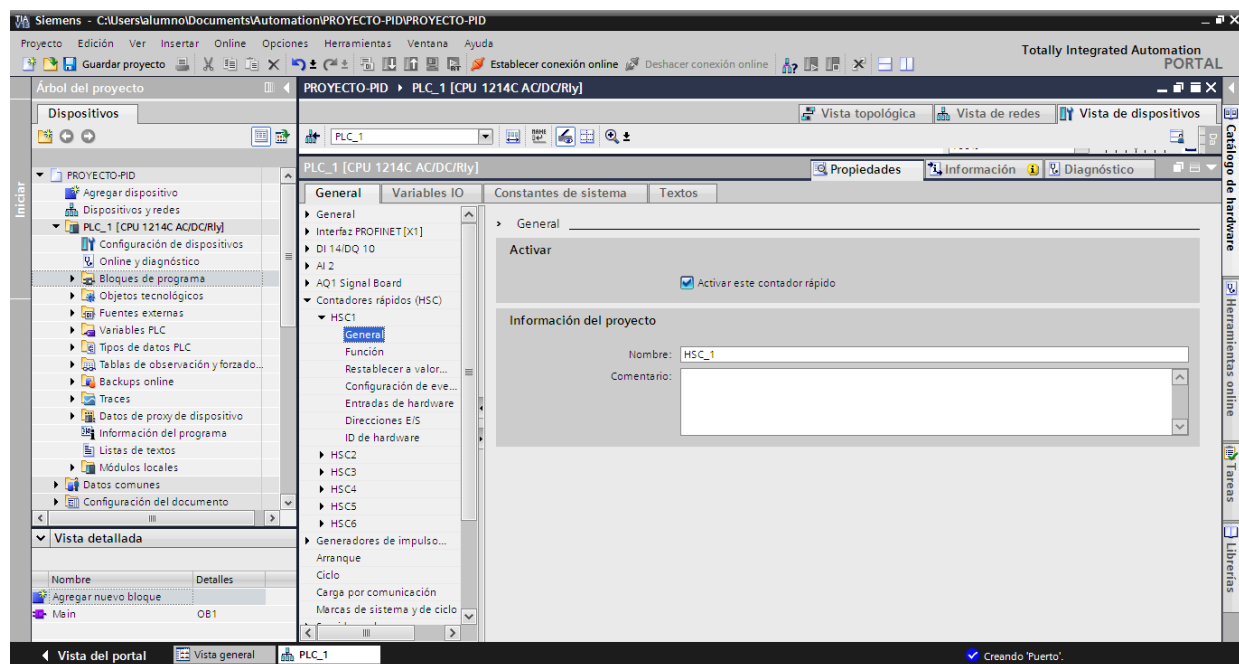


Figura 46. Activar contador rápido.

Por otro lado, se tiene que seleccionar el modo de conteo en frecuencia, y fase de servicio monofásica ya que se tiene un único pulso por rotación como se puede observar en la Figura 48. Colocamos el período de medición de frecuencia en 1 segundo.

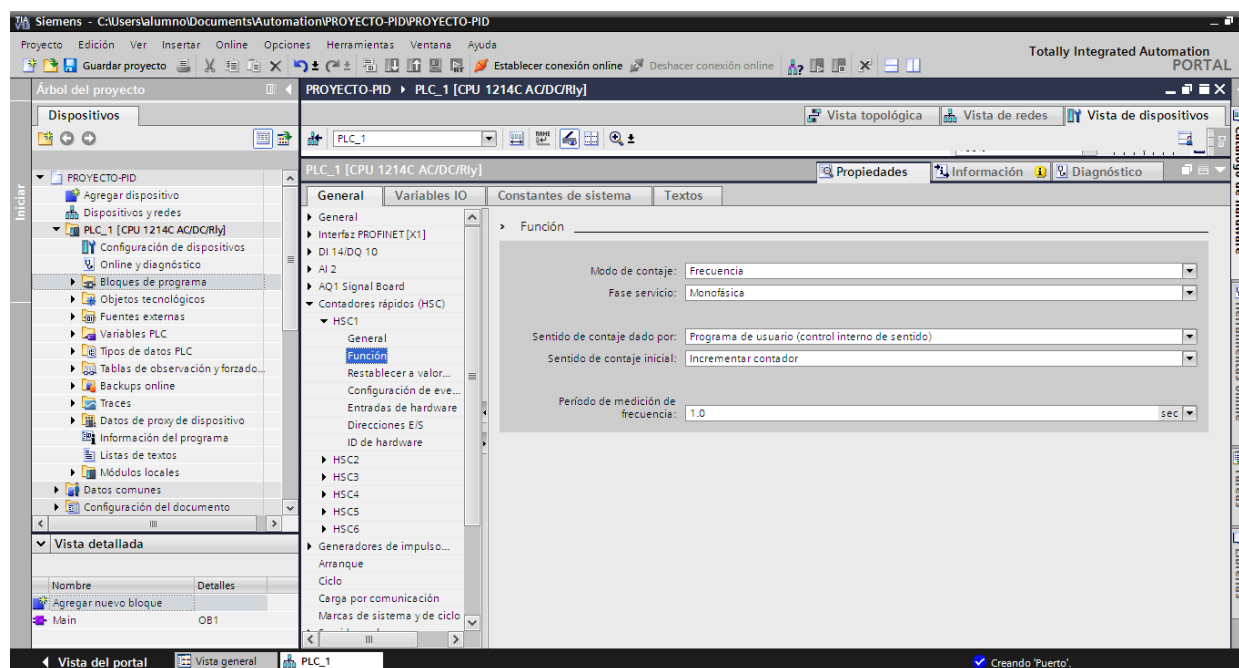


Figura 47. Configuración de los parámetros del HSC.

Seguidamente se debe seleccionar la entrada de hardware del PLC, la cual usaremos la entrada %I1.0 como se puede observar en la Figura 49, existen 14 entradas digitales, las primeras 8 están siendo utilizadas por una botonera, las otras 6 están libres.

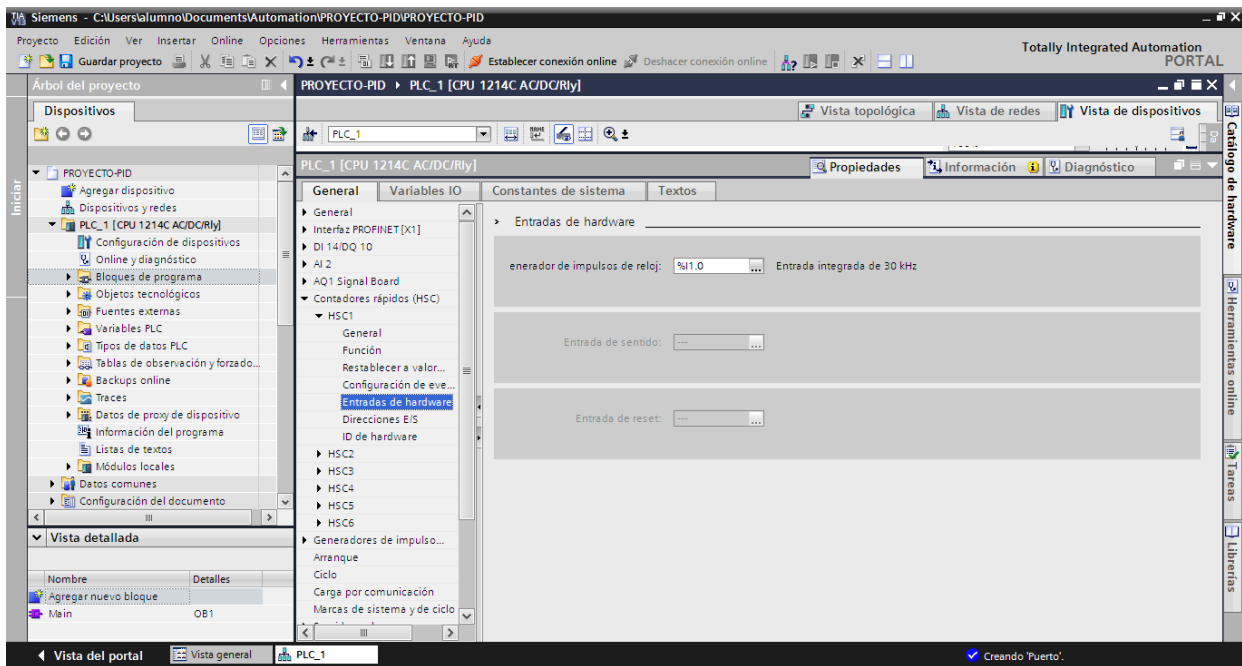


Figura 48. Configuración entrada de hardware del HSC.

Una vez configurado la entrada digital, se procede a cargar las funciones dentro de los bloques de programas como se explica en el apartado 3.2.

### 5.3.2 Funciones y Alarma Cíclica

Las funciones y la alarma cíclica que se utiliza en el proyecto se pueden visualizar en la Figura 50. Estas funciones y alarmas se ejecutar conjuntamente.

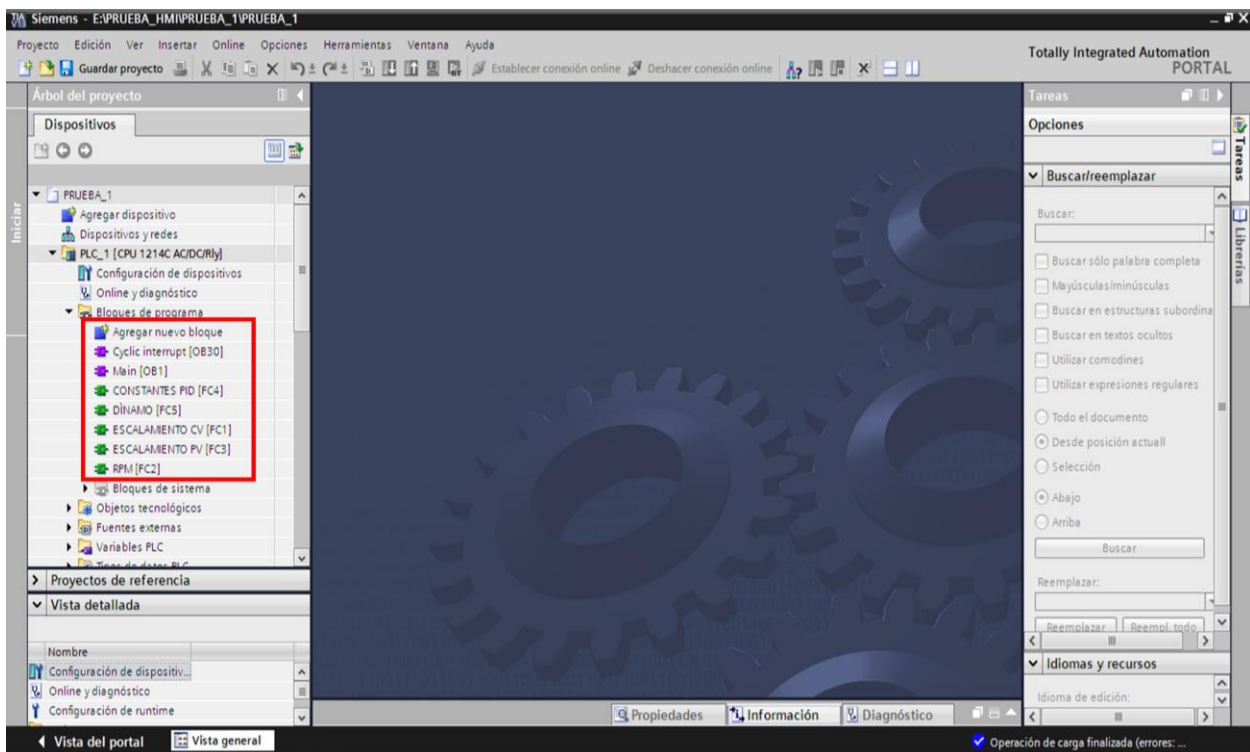


Figura 49. Funciones y alarma cíclica.



En este caso se detallará la programación de cada una de las funciones que van sujetas al main, finalizando con la alarma cíclica por medio de la cual se ejecuta el PID\_Compact.

En la Figura 51 se puede apreciar la programación de la función DÍNAMO, la cual nos permite obtener el voltaje del generador.

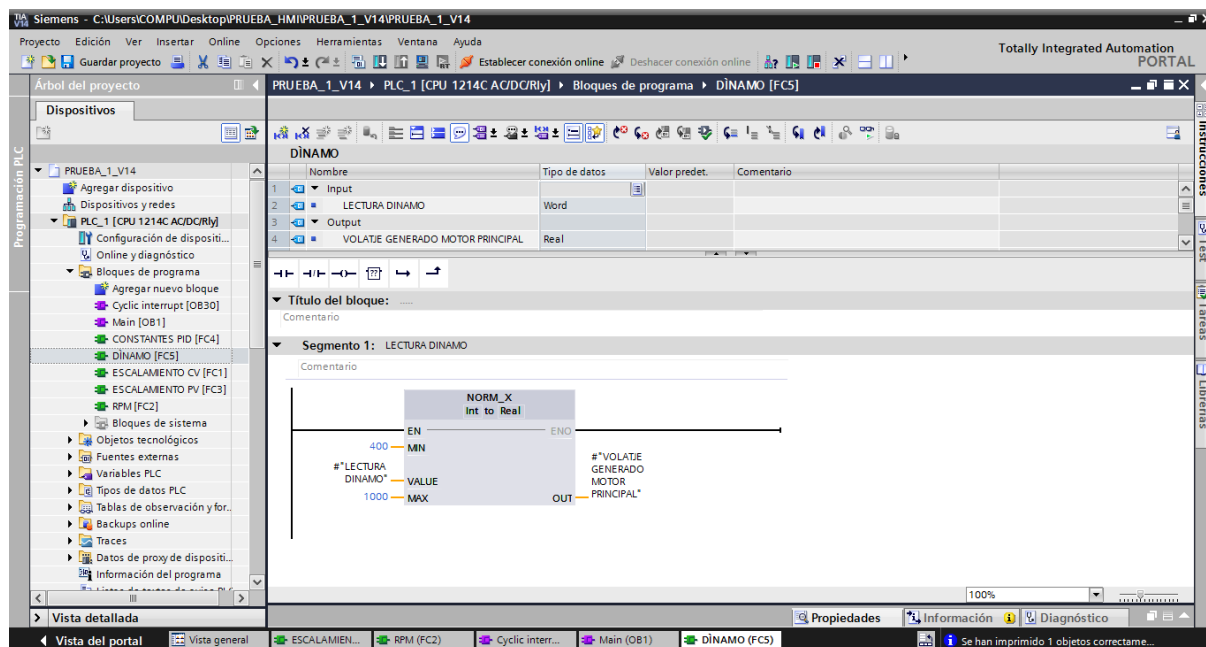


Figura 50. Programación función DÍNAMO.

En la Figura 52 se puede apreciar la programación de la función ESCALAMIENTO CV, la cual nos permite obtener el escalado de mi salida del PLC en tensión, teniendo en cuenta que la salida es de  $\pm 10$  v, se programa para una tensión de salida de 1,5 a 3,7 voltios.

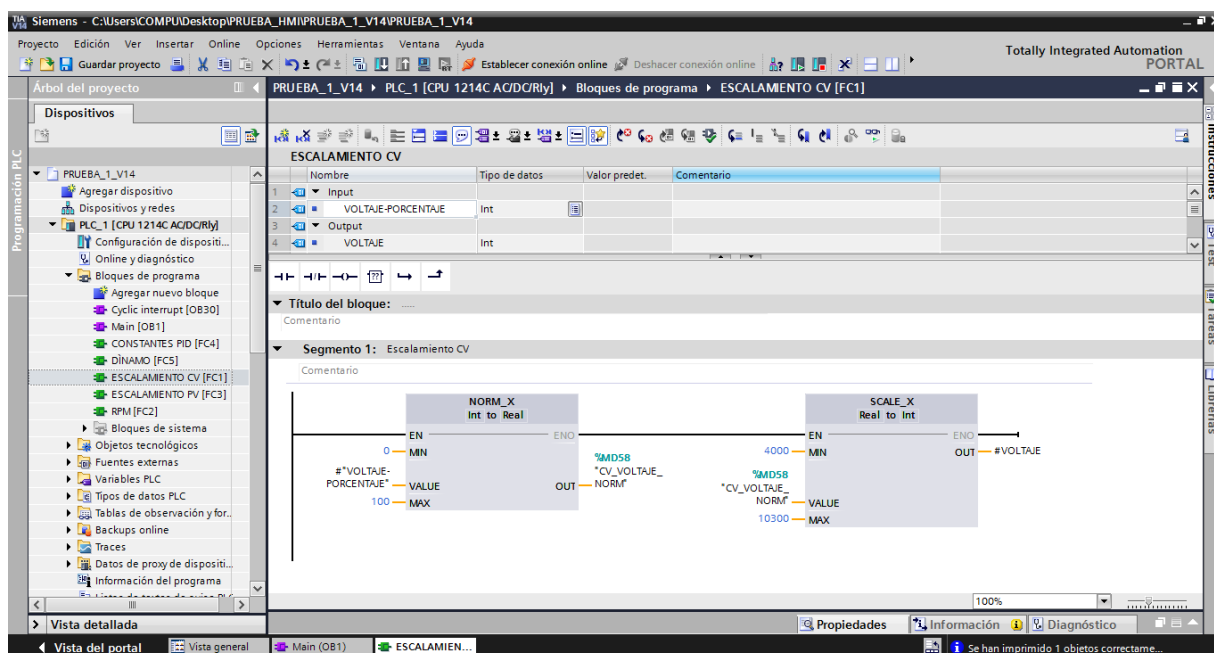


Figura 51. Programación función ESCALAMIENTO CV.

En la Figura 53 se observa la programación de la función RPM, la cual nos permite obtener las revoluciones por minuto de motor DC, en éste caso existe una operación aritmética, ésta realiza una multiplicación de la frecuencia obtenida en un segundo por 60 segundos, dándonos como resultado rpm.

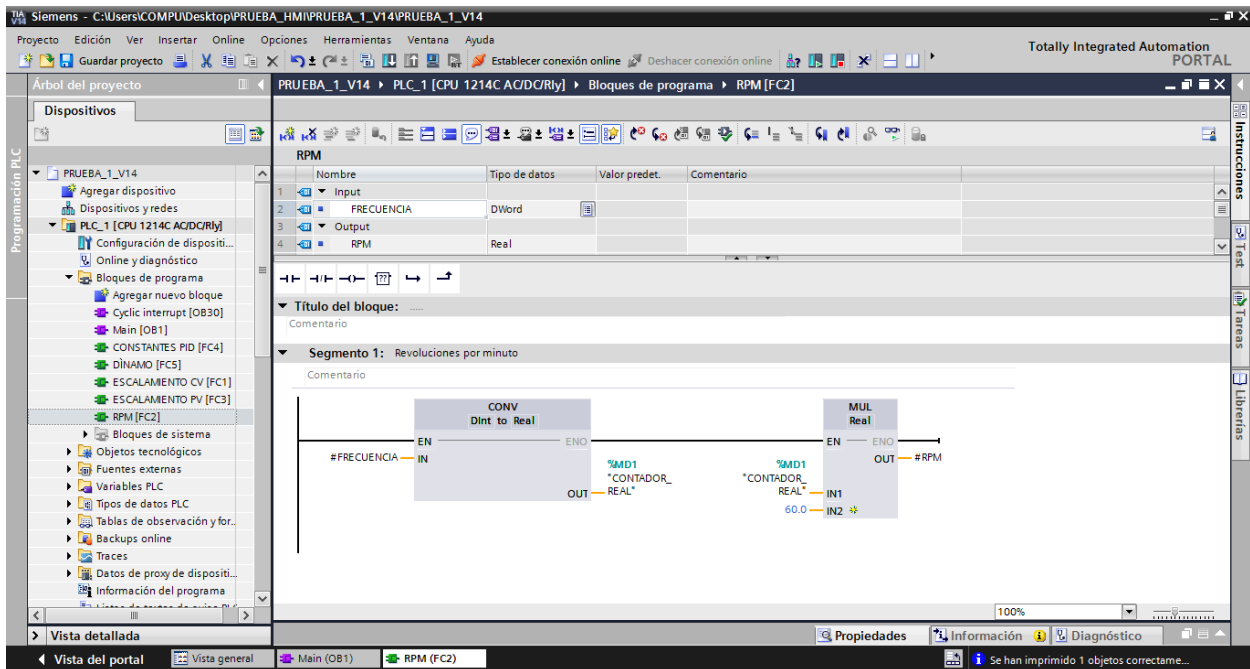


Figura 52. Programación función RPM.

En la Figura 54 se visualiza la programación de la función ESCALAMIENTO PV, en la cual nos permite tener el escalado de mi entrada de señal de entrada hacia el PLC, ésta esta escalada en su rango de operación.

En la programación de esta función hay que tener en cuenta que se debe invertir el proceso ya que si no se invierte se realiza un control PID indirecto, para lo cual se coloca un SUB, éste es un operador aritmético el cual resta la salida normalizada entre 0.0 y 1.0 de 1, al realizar dicha operación ya me invierte y procedo a escalar.

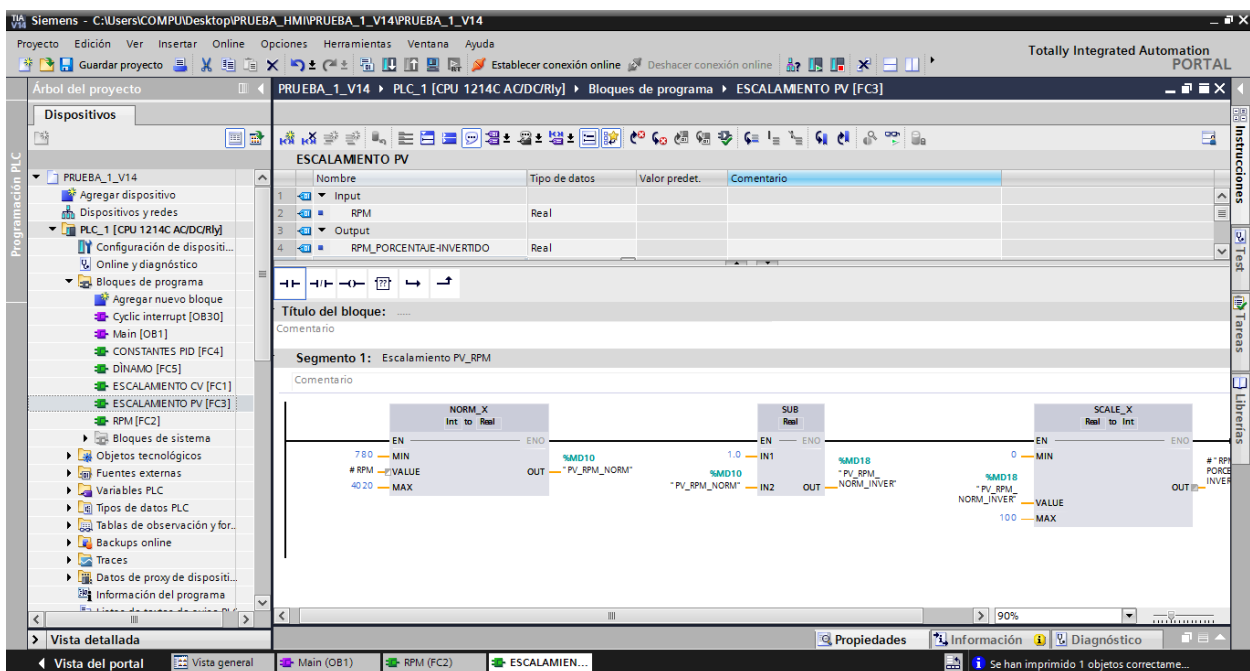


Figura 53. Programación función ESCALAMIENTO PV.

Teniendo las funciones de mis señales de entrada y salida, se procede a arrastrar las funciones hacia el main principal, ayudándonos a tener una programación en orden y jerarquizada.

En la Figura 55 se puede observar algunas de las funciones colocadas en el main. Para mayor detalle de la programación consulte en el anexo 4.

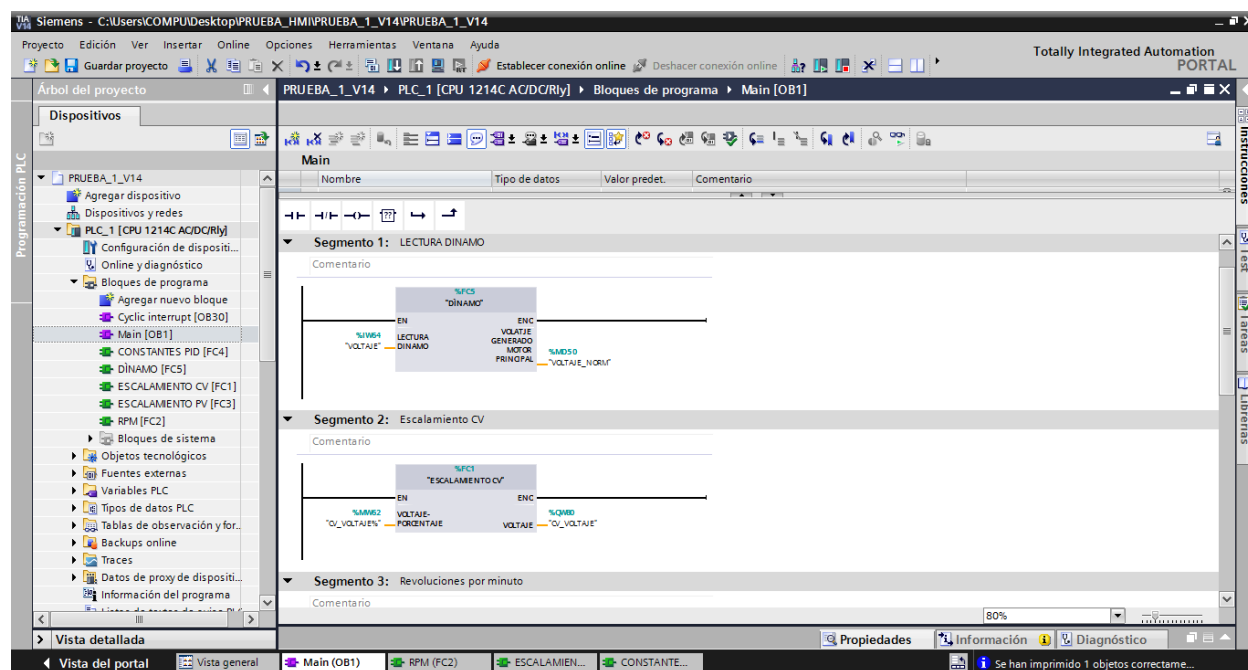


Figura 54. Programación main principal.

Antes de detallar la configuración del PID, se indicará las variables, tipos de datos y direcciones como se muestra en la Figura 56.

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	VOLTAJE	Word	%IW64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	FRECUENCIA	DWord	%ID1000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	CV_VOLTAE	Int	%QW80		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	VOLTAJE_NORM	Real	%MD50		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	CV_VOLTAE%	Int	%AIW62		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	CV_VOLTAE_NORM	Real	%MD58		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	CONTADOR_REAL	DWord	%MD1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	PV_RPM	Real	%MD5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	SETPOINT_NORM	Real	%MD74		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	PV_RPM_NORM	Real	%MD10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	PV_RPM%	Real	%MD14		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	PV_RPM_NORM_INVER	Real	%MD18		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	PV_RPM_INVER%	Real	%MD22		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	SP	Real	%MD26		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	MARCHA	Bool	%M10.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	ON	Bool	%M10.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	OFF	Bool	%M10.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	PARO	Bool	%M30.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	GANANCIA	Real	%MD80		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	Td	Real	%ID82		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	Ti	Real	%ID86		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	<Agregar>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 55. Variables utilizadas en el proyecto.

### 5.3.3 PID

Para configurar el controlador PID, se debe insertar el PID\_Compact en la alarma cíclica como se puede observar en la Figura 57. Existen dos maneras de configurar el PID una es dando click derecho en la instrucción y seleccionando propiedades, y la otra es dando click en la instrucción en la esquina superior derecha. Se puede apreciar que existen dos dibujos los cuales uno abre la configuración y el otro la ventana para poner en servicio el PID, en esta última es donde se realiza la autosintonización.

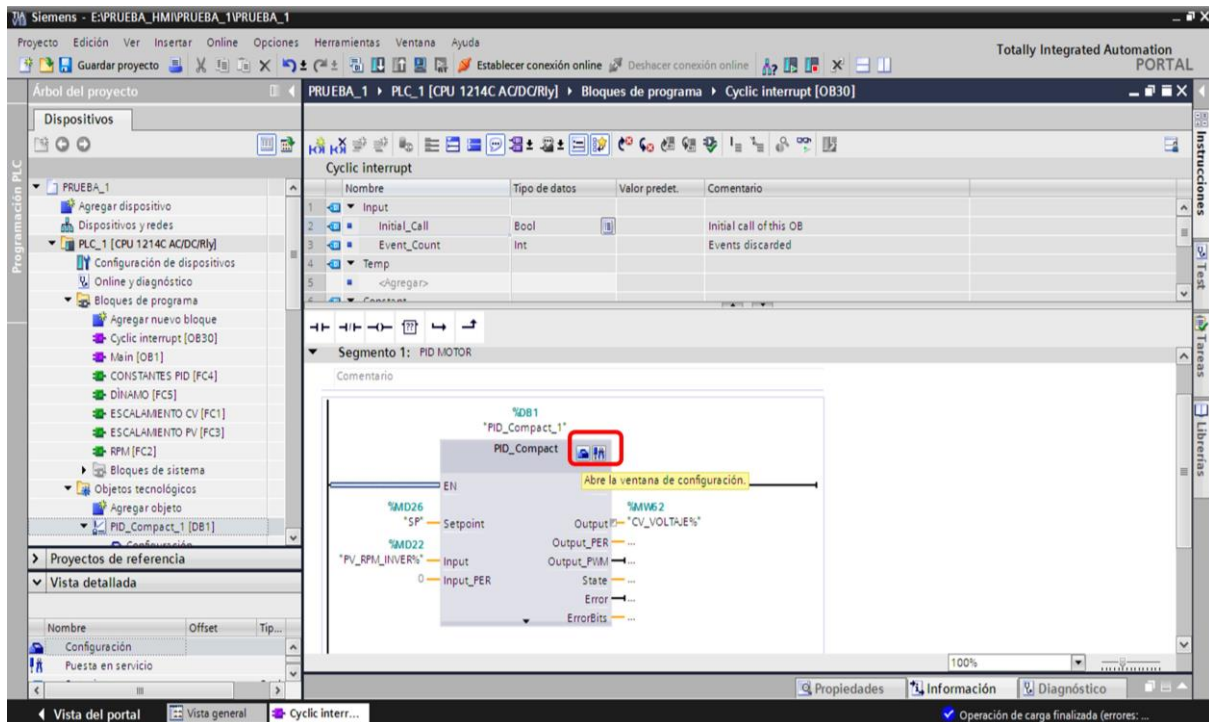


Figura 56. PID\_Compact en una alarma cíclica.

En el presente proyecto se adapta el tipo de regulación general como se puede observar en la Figura 58, en donde se manejará porcentajes, hay que destacar que existen distintos tipos de regulación como temperatura, caudal, presión, longitud, etc.

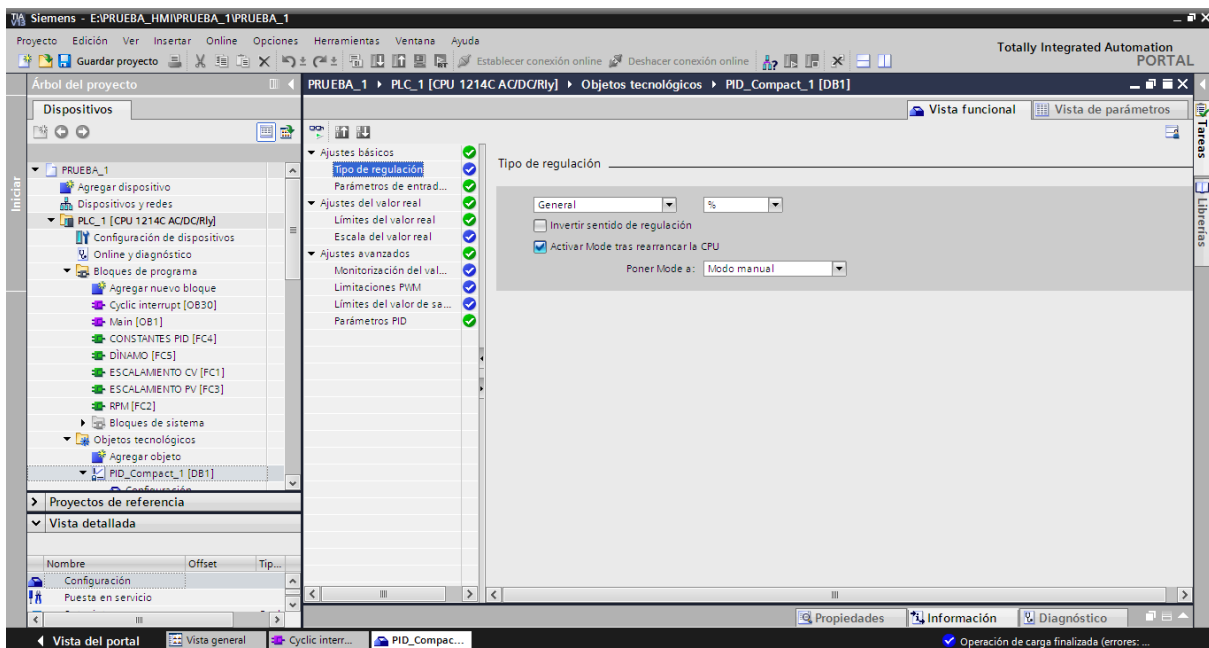


Figura 57. Tipo de regulación del PID\_Compact.

Por otro lado, para configurar los parámetros que van a intervenir en el PID\_Compact, hay que tener claro que en nuestro caso se tiene un tipo de regulación general para lo cual, al momento de configurar la entrada y salida, se selecciona INPUT Y OUTPUT respectivamente y añadir los parámetros necesarios como indica la Figura 58. El setpoint en este proyecto no es normalizado ni escalado debido a que es asignado por el programador.

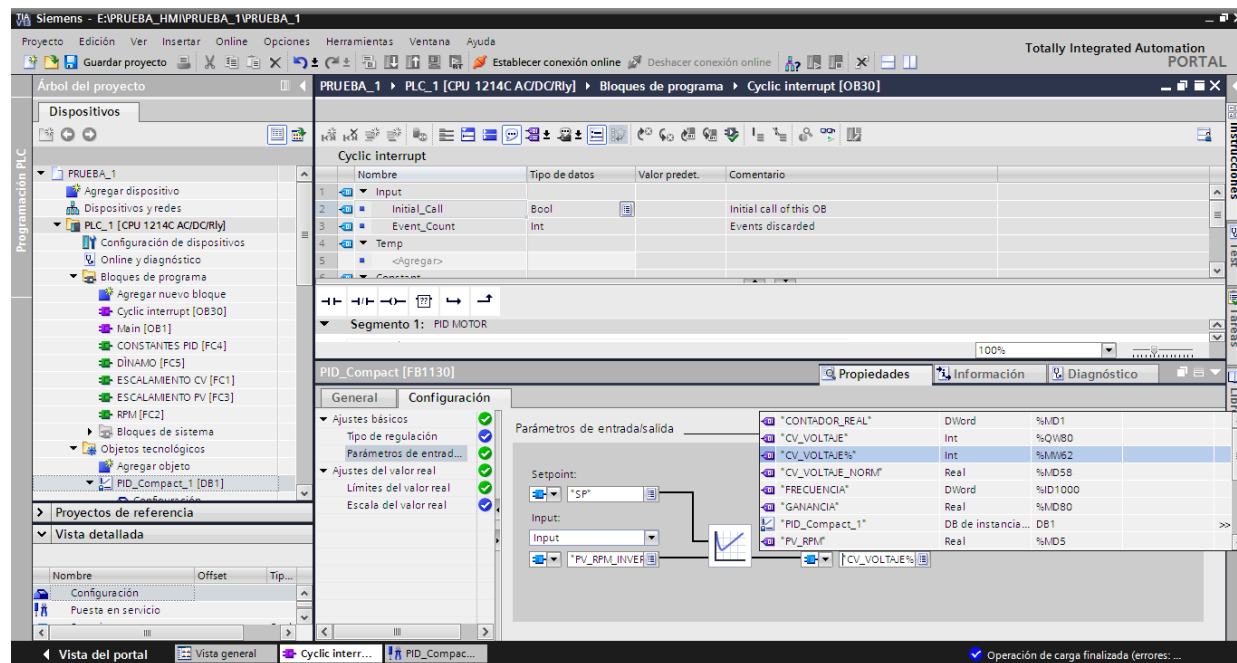


Figura 58. Configuración de los parámetros entrada y salida del PID\_Compact.

De igual manera se tiene que ajustar los límites del valor real, en nuestro caso se ajusta el límite inferior en 0% y el límite superior en 100% como se puede observar en la Figura 60, esto se verá reflejado en la gráfica al momento de sintonizar.

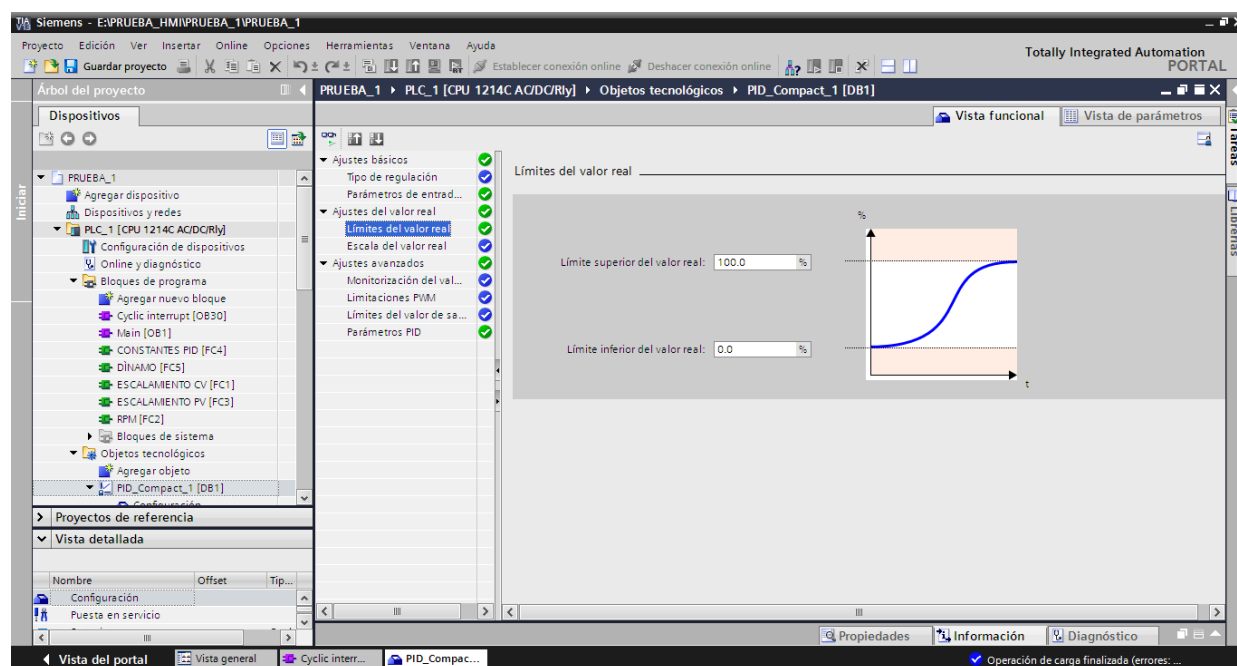


Figura 59. Configuración de los límites del valor real del PID\_Compact.



Una vez realizado las diferentes configuraciones se procede a la sintonización, para obtener la puesta en servicio se debe dar click en la instrucción PID\_Compact en la esquina superior derecha como se explica en la Figura 56. Para visualizar los datos de entrada y salida del PLC\_Compact se da un click en play con un tiempo de muestreo de 0.3 segundos. Se puede observar el estado online del regulador, el modo utilizado es automático para lo cual no deberá estar aplastado el check del control manual como se puede observar en la Figura 61.

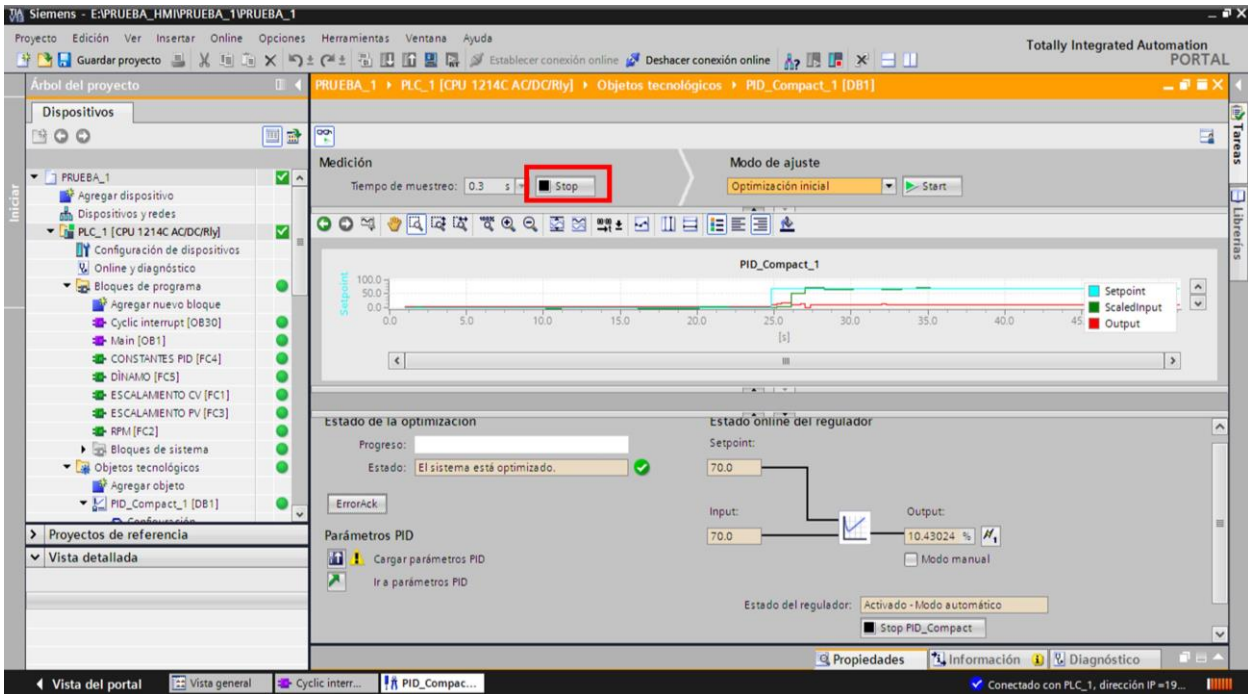


Figura 60. Puesta de servicio PID\_Compact.

Posteriormente, comprobando que estén leyendo los datos de entrada y salida se procede a dar un click en play en modo de ajuste, teniendo en cuenta que se debe elegir la opción optimización fina. Tiene un estado de operación en donde indicará el progreso de la sintonización como se puede observar en la Figura 62.

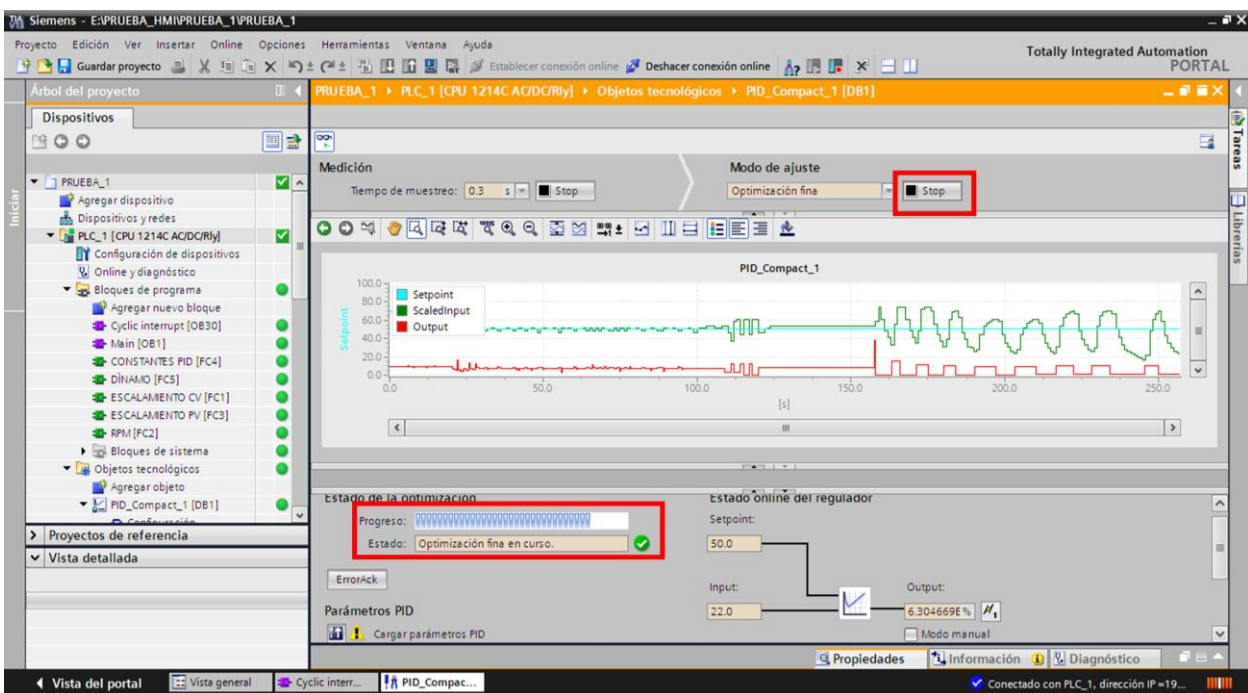


Figura 61. Configuración sintonización fina PID\_Compact.

Finalmente, el sistema está optimizado después de diferentes escalones como se puede observar en la Figura 63. El tiempo de optimización difiere estrictamente del proceso a sintonizar.

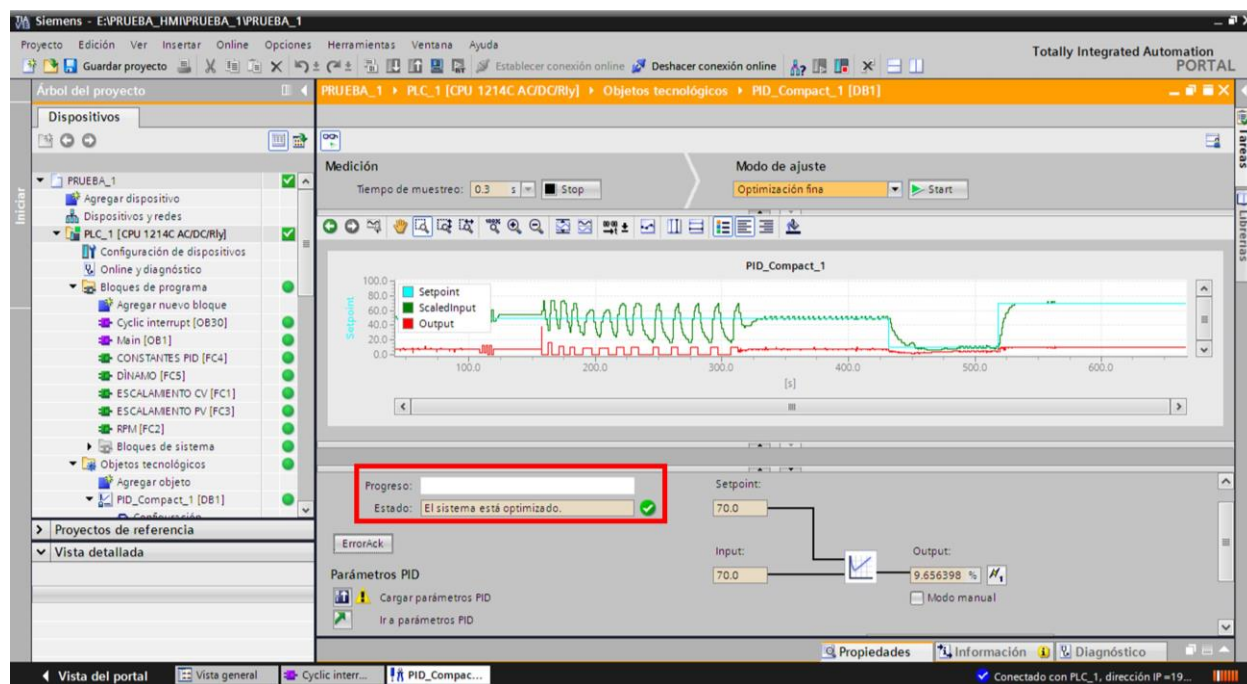


Figura 62. Sistema de optimización completa.

Por último, se tiene las constantes del PID\_Compact como se puede observar en la Figura 64, teniendo la opción activar entrada manual, esto se realiza si se necesita tener un control de las constantes para escribir y leer.

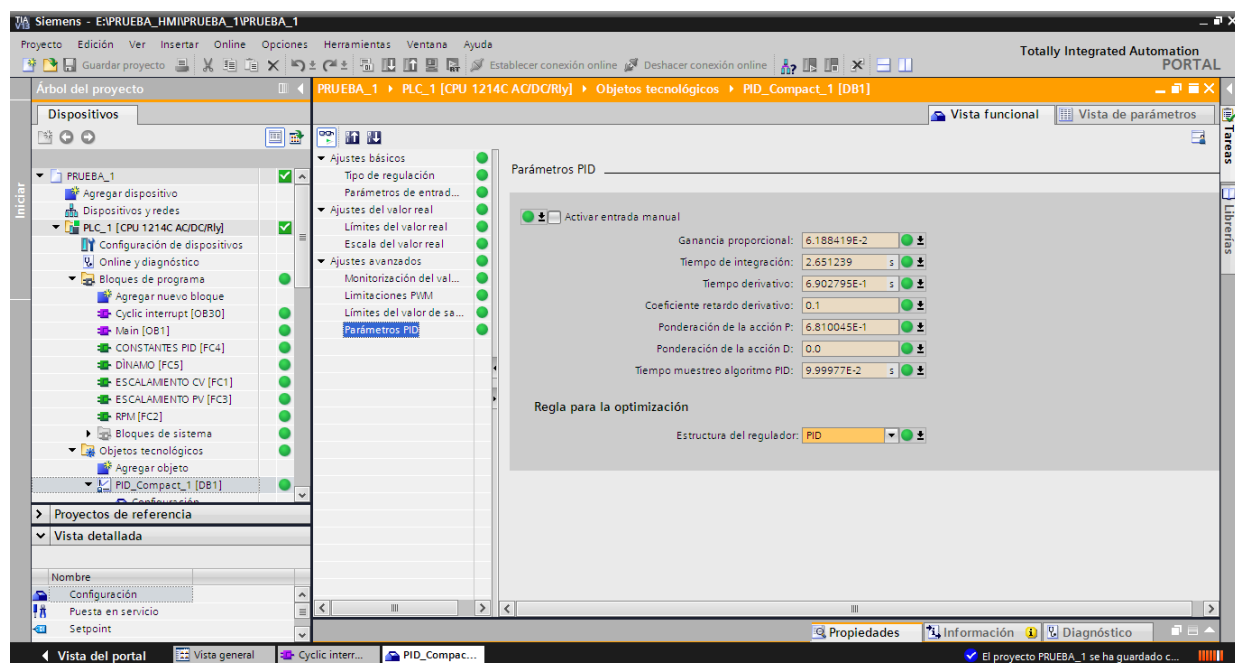


Figura 63. Constantes PID\_Compact.

### 5.3.4 HMI

Una vez realizado el PID y verificado el seguimiento de las referencias, se procede a configurar el HMI de la pantalla del operador para lo cual se partirá de la creación de las distintas hojas que presenta el presente trabajo.

En la Figura 65 se puede apreciar la pantalla principal la cual tiene un texto y una imagen de la Universidad de Sevilla, estos atributos los añadimos de las herramientas indicadas en el apartado 3.3.

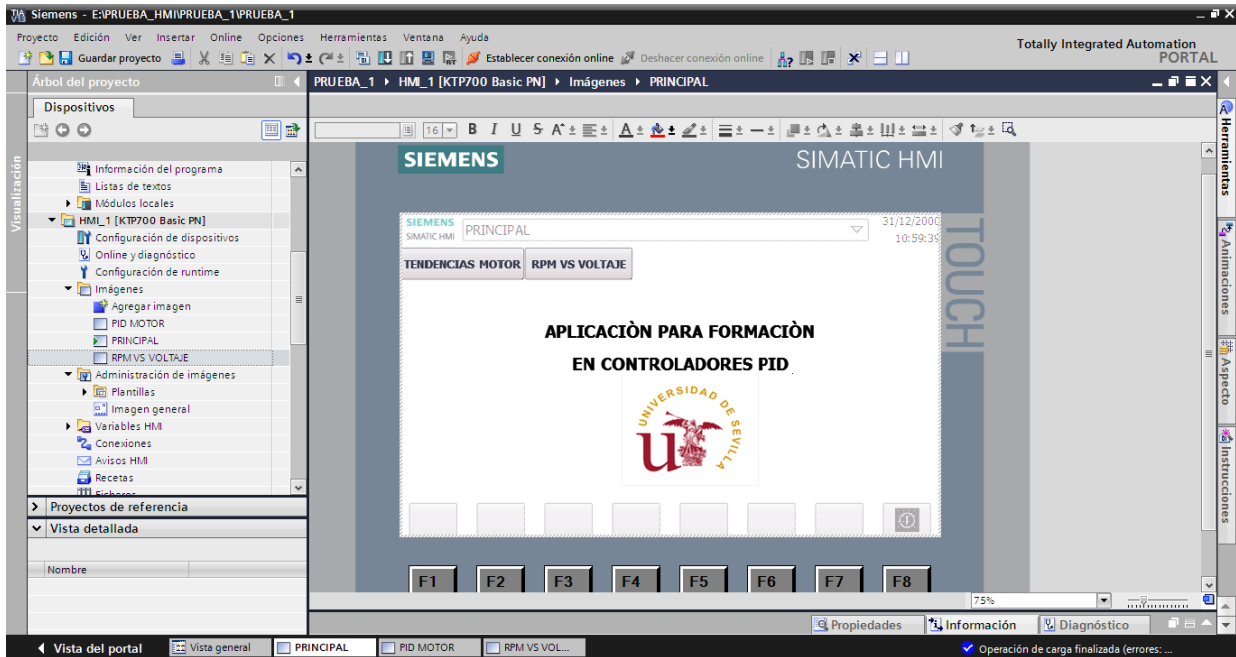


Figura 64. Pantalla principal HMI.

La siguiente hoja es una pantalla secundaria, la cual se visualiza las tendencias en un visor de curvas, además se tiene el setpoint como dato de entrada y las constantes del PID como datos de lectura como se puede observar en la Figura 66.

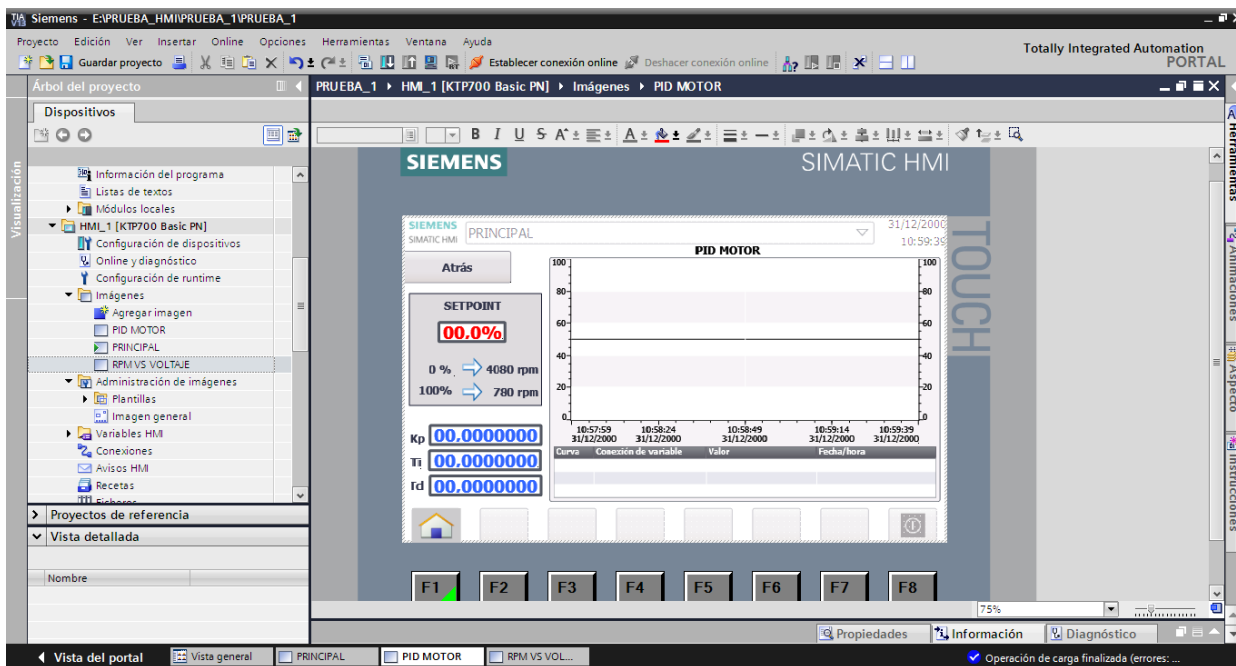


Figura 65. Pantalla secundaria HMI – Tendencias del sistema.



Para introducir las diferentes señales del PID\_Compact, se tiene que dar un click en las propiedades del visor de curvas, para después proceder a configurar las variables que se desea indicar como se puede observar en la Figura 66. Para configurar el setpoint y las constantes es de la misma manera, se tiene que asignar la variable de interés. Hay que tener en cuenta que las variables que se desea utilizar en el HMI, se tiene que colocar manualmente como se indica en la Figura 67.

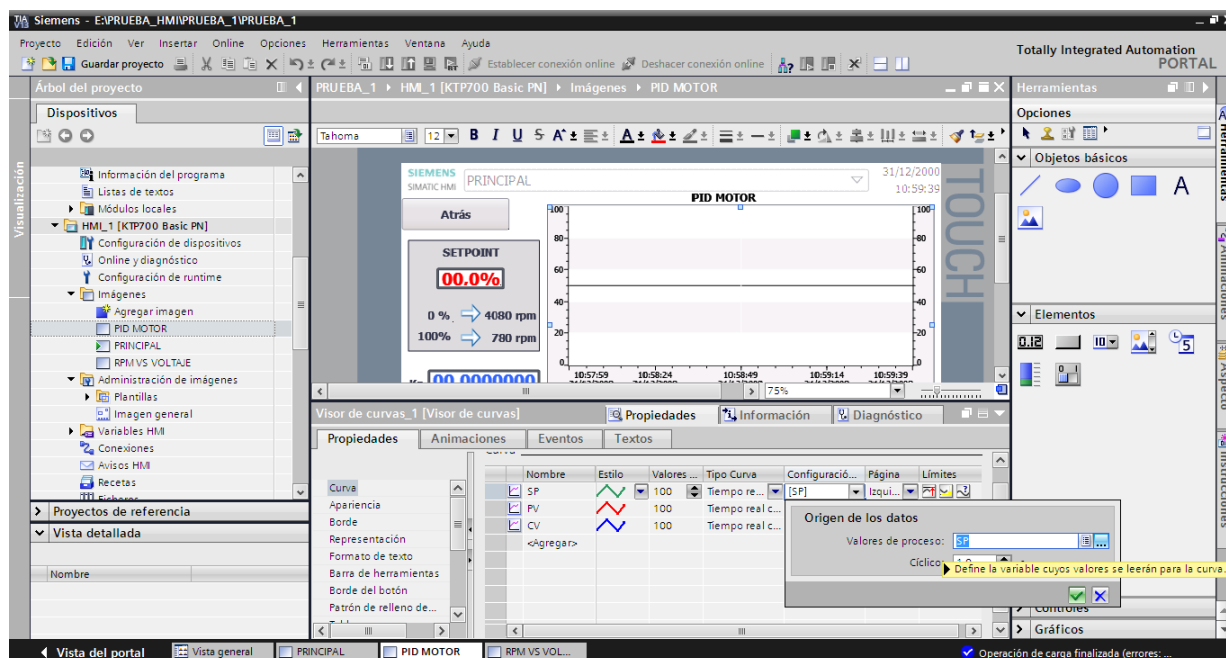


Figura 66. Configuración de variables en el visor de curvas del HMI.

La presente hoja también es una hoja secundaria la cual indicará la relación que existe entre l velocidad del motor y el voltaje del generador como se puede apreciar en la Figura 68, además se quiere indicar que existen distintos gráficos que pueden ser de utilidad al momento de diseñar una pantalla HMI. Existen gráficos de industria, construcción, electrónica, etc.

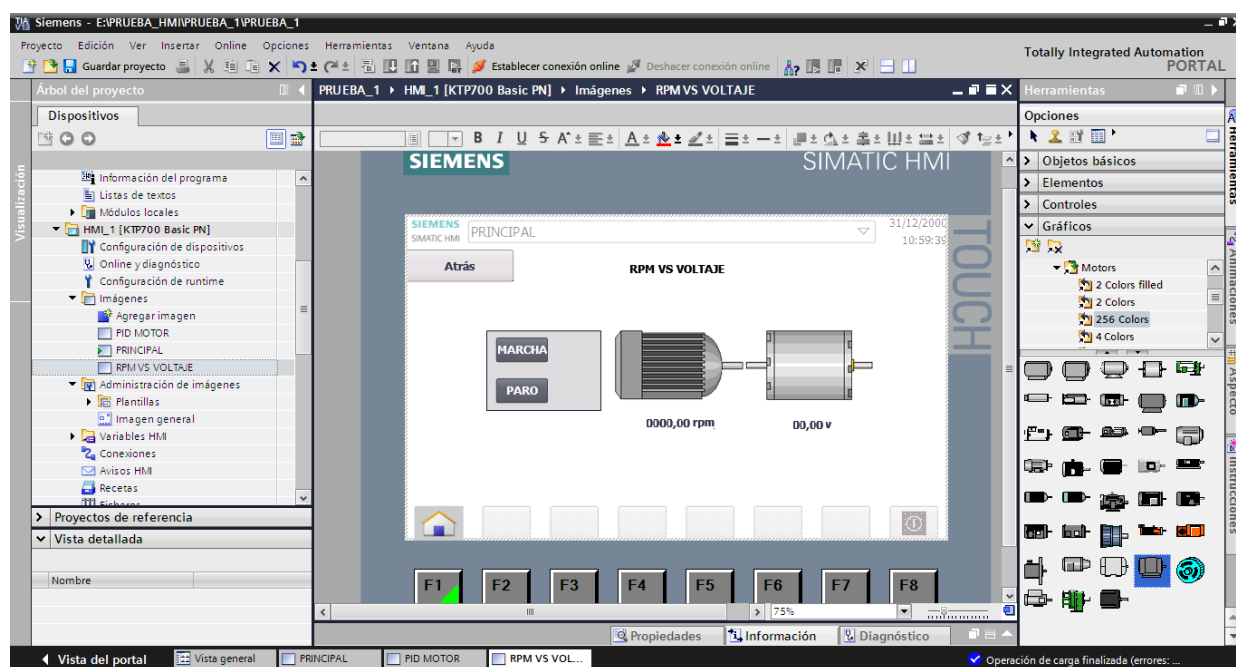


Figura 67. Pantalla secundaria HMI – rpm VS Voltaje del generador.

De igual forma en la Figura 69 se presenta como configurar una variable de interés, teniendo en cuenta que esta

variable ya existe en las variables del HMI.

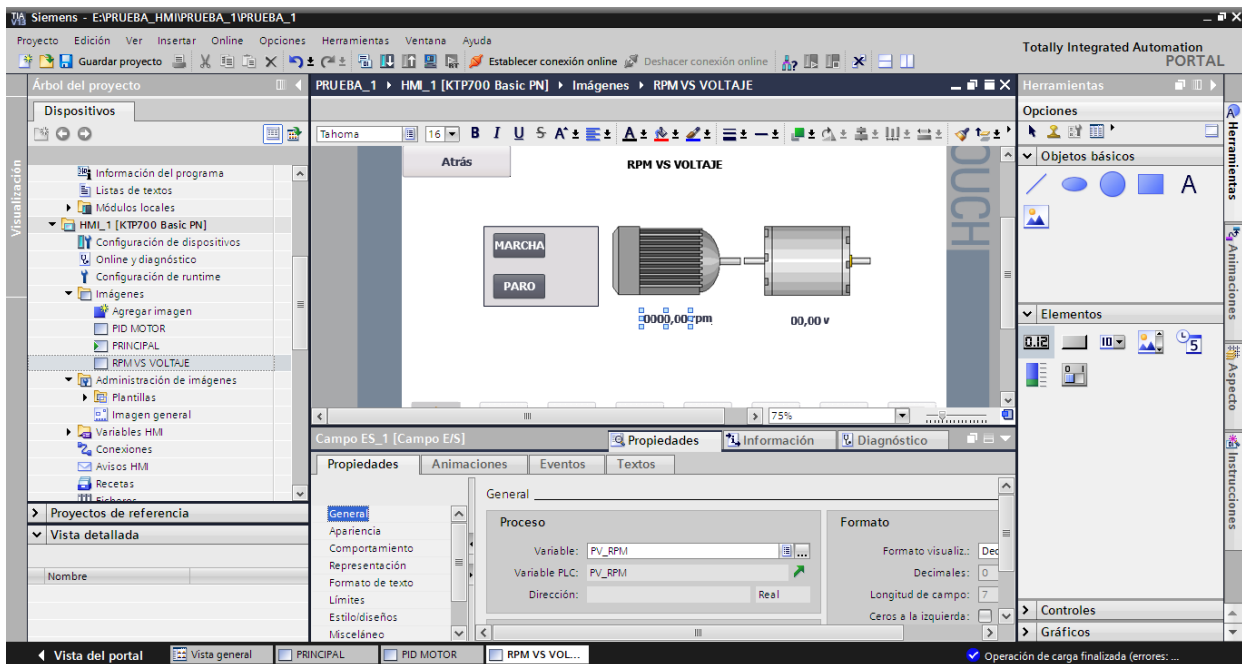


Figura 68. Configuración de variables en un campo E/S del HMI.

Para terminar, se presenta las variables que se necesita del PLC hacia el HMI como se puede observar en la Figura 70.

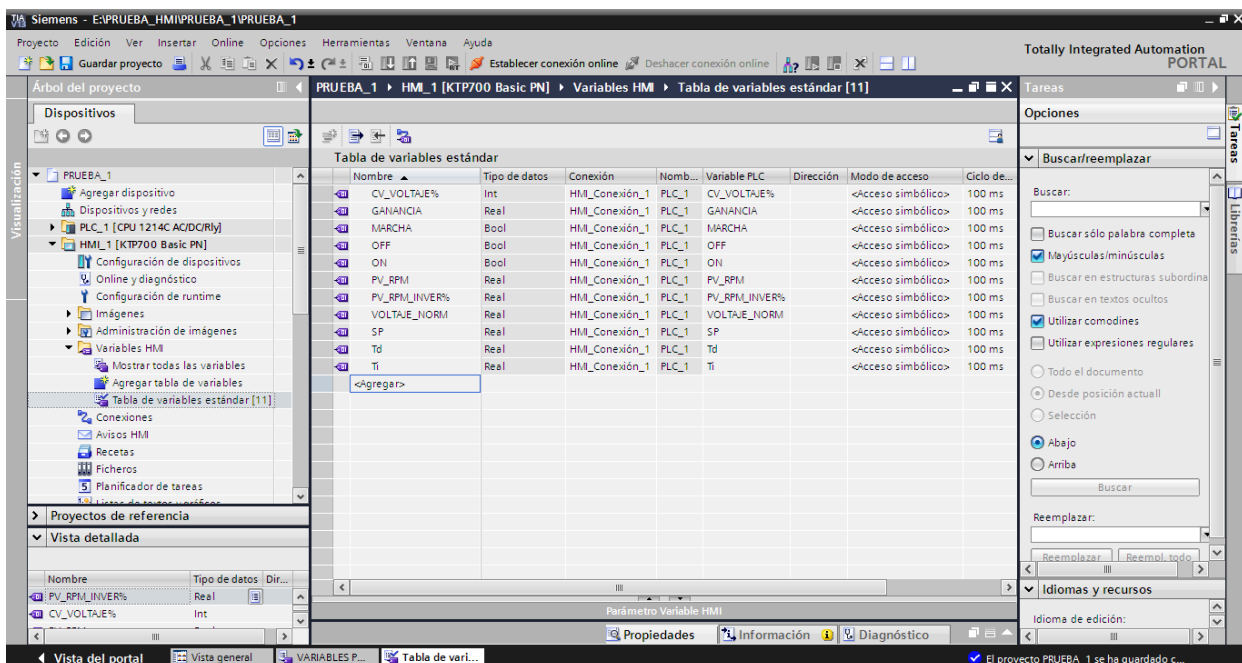


Figura 69. Variables HMI.

## 6 PRUEBAS

Al realizar distintas pruebas se llega a determinar que la variable del proceso tiene una respuesta eficaz hacia la consigna empleada como se puede observar en la Figura 71.

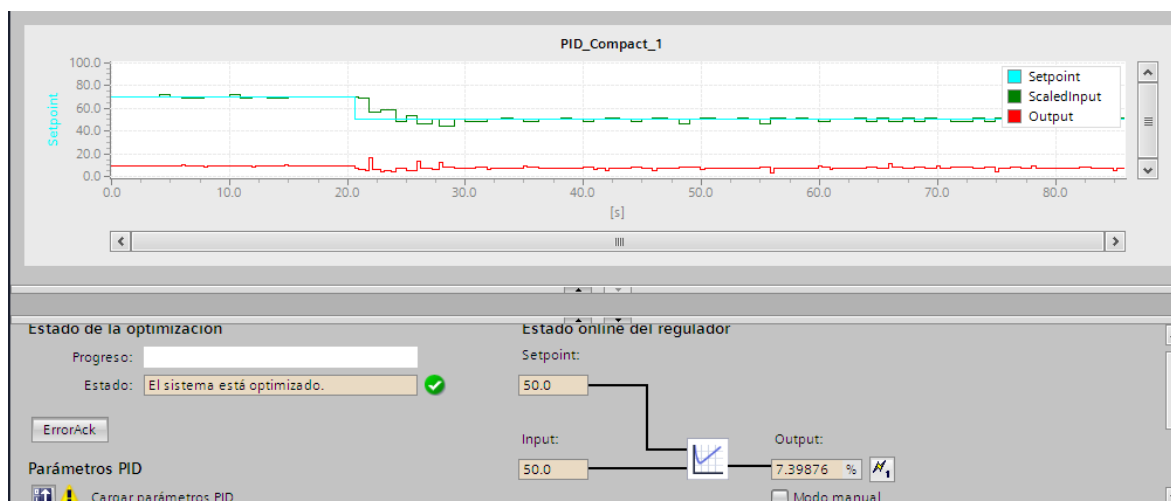


Figura 70. Tendencias PID motor DC en una pantalla de operador.

De igual forma se observa en la Figura 72, como la variable de control actúa ante perturbaciones, permitiendo llegar la variable del proceso a la consigna empleada.

La perturbación la se realizó por medio del motor generador deteniendo la punta del eje de forma manual actuando este como freno del motor DC.



Figura 71. Relación velocidad voltaje en una pantalla de operador.

# 7 CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

---

Se ha diseñado e implementado una aplicación para formación en controladores PID integrados en PLC, permitiendo este fomentar conocimientos de una forma más práctica puesto que en el proceso de velocidad, permite familiarizarse con el control y automatización industrial. Además, hay que mencionar que la programación propuesta se ha elaborado de la forma más simple posible haciendo uso del conocimiento adquirido durante las prácticas del máster y con la propia librería del programa, por lo que es fácil comprender para personas que nunca hayan usado el software Tia Portal.

Dentro del desarrollo de este proyecto se puede mencionar que, utilizando diferentes componentes electrónicos permitiéndonos cerrar el lazo de control. Se obtuvo como resultado un excelente control lo cual indica que todos los componentes electrónicos fueron útiles en el montaje del sistema. Hay que tener en cuenta que al montar un sistema se tiene que realizar diferentes pruebas hasta estar confiadamente que los sensores y actuadores nos brinden una señal adecuada, esto permite a lo largo trabajo no tener retrasos por causa de un mal montaje.

El acople realizado entre el eje del motor DC y el motor generador DC reflejó una inestabilidad debido a que su acoplamiento no era el debido, por lo cual aconsejo que se acople con algo firme, de tal manera que al funcionar el motor DC los datos adquiridos por el dínamo no presenten una medición errónea.

La respuesta del sistema cumple con el seguimiento de referencias, teniendo en cuenta que el sistema al principio fallaba por los distintos componentes que integran al sistema. Por otra parte, la respuesta del sistema ante perturbaciones funciona correctamente, inyectando voltaje a la variable de control para que la variable de proceso de respuesta y se estabilice.

El HMI cumple con las funciones de monitoreo y control del proceso, el cual brinda un entorno amigable y eficiente puesto que a través del mismo se puede ingresar parámetros de control, cambiar el punto de consigna y visualizar gráficas de tendencias en los cambios que se realicen en cada proceso, el cual se lo visualiza en la TOUCH PANEL KTP700.

Como posibles futuros trabajos relacionados con el mismo Trabajo de Fin de Master, está la posibilidad de tener un control total sobre el motor DC, implementado y probando distintos módulos y componentes electrónicos de bajo coste. Otra posibilidad es adecuar un sistema de frenado para realizar perturbaciones de una forma automática.

# REFERENCIAS

---

[1] [En línea]. Available:

[https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce\\_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf). [Último acceso: 01 Julio 2019].

[2] «Software SIMATIC,» [En línea]. Available:

[https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia\\_portal/pages/tia-portal.aspx](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia_portal/pages/tia-portal.aspx). [Último acceso: 05 Julio 2019].

# BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS WEB DE CONSULTA

---

- Siemens. S7 Controlador programable S7-1200. Manual de Sistema. Sitio web  
<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200%20Manual%20sistema%200411.pdf>
- Consulta en multitud de foros, video tutoriales y blogs de autores particulares.



Se encuentran como Anexos los siguientes documentos:

- Guía 1: Conexionado + PID.
- Guía 2: Conexionado + PID + Pantalla de operador.
- Guía 3: Conexionado + PID + pantalla de operador + autosintonizado.
- Programación PLC
- Datasheet S71200 CPU 1214C AC-DC-Rly.
- Datasheet Signal Board.
- Datasheet HMI KTP700 Basic PN.

# GUÍA DE PRÁCTICA DE FORMACIÓN 1

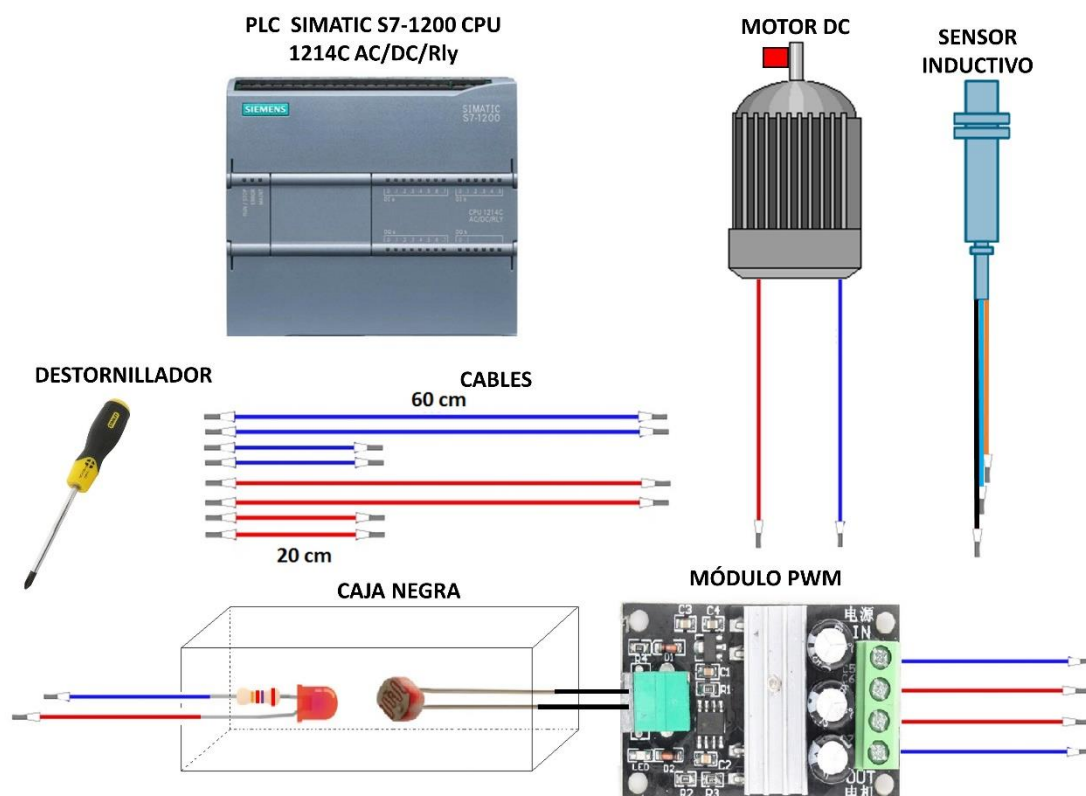
## Controladores PID Integrados en PLC

**Tema:** Control de velocidad de un motor DC

### Objetivos de la Práctica

- Configuración y conexionado de Salida Analógica.
- Configuración y conexionado de entradas rápidas (sensor inductivo).
- Configuración PID.

### Materiales



### Especificaciones del funcionamiento

Primeramente, es necesario tener claro ciertos conceptos, por tal motivo a continuación se presenta una tabla con los conceptos más importantes a tener en cuenta en el control del sistema:

Variables	Definición
Variable de proceso (PV)	La variable de proceso es aquella que puede cambiar las condiciones del proceso.
Variable de control (CV)	Controla la salida del sistema
Setpoint	El setpoint es el valor el cual se desea mantener la variable de proceso.



La aplicación consiste en realizar un control de velocidad de un motor DC implementando la instrucción PID\_Compact. El sistema cuenta con un sensor inductivo y su lectura se interpretará en revoluciones por minuto, el sensor detectará cada vez que gira el motor por medio de un contacto metálico como se puede observar en la Figura 1

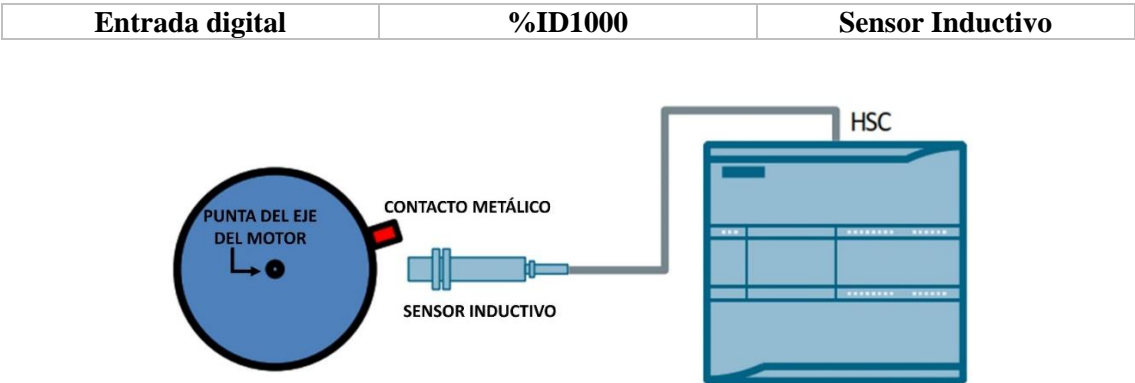


Figura 1. Medición de velocidad en caso de un pulso por rotación.

La salida analógica se conectará un diodo LED, cuya luminosidad permite variar la resistencia de la LTD, permitiendo al módulo PWM controlar la velocidad del motor DC.

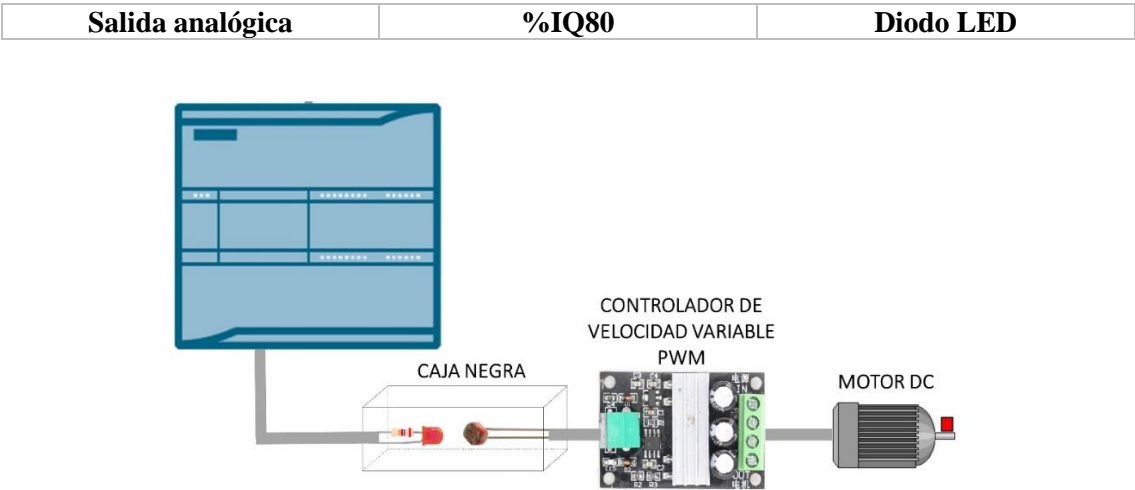


Figura 2. Salida analógica.

**Listado de variables**

Antes de empezar la programación usted deberá definir las variables a utilizar en el programa, por lo tanto, es necesario la creación de las siguientes variables:

NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN
FRECUENCIA	DWord	%ID1000
PV_RPM	Real	Asignada por el estudiante
PV_RPM_NORM	Real	Asignada por el estudiante
PV_RPM%	Real	Asignada por el estudiante
CV_VOLTAJE	Int	%QW80
CV_VOLTAJE_NORM	Real	Asignada por el estudiante
CV_VOLTAJE%	Int	Asignada por el estudiante
SP	Real	%MD26

Diagrama de flujo



Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de velocidad.

Plano base para realizar el conexionado del motor el lazo cerrado

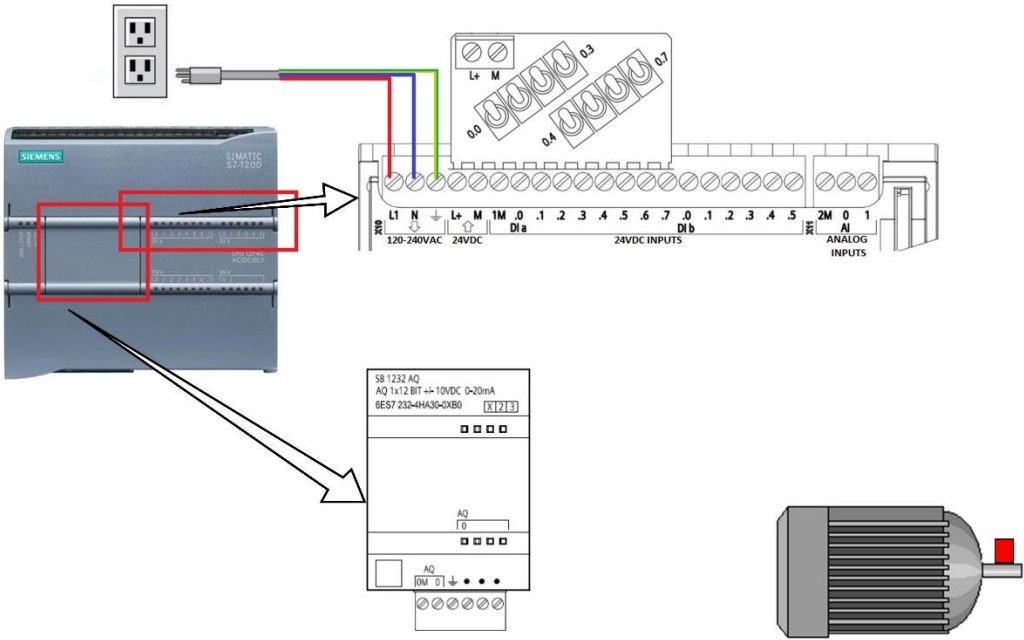


Figura 4. Plano base.

## Aplicación

Se trabajará con TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) de SIEMENS en su versión 13 o 14 como se puede observar en la Figura 5.

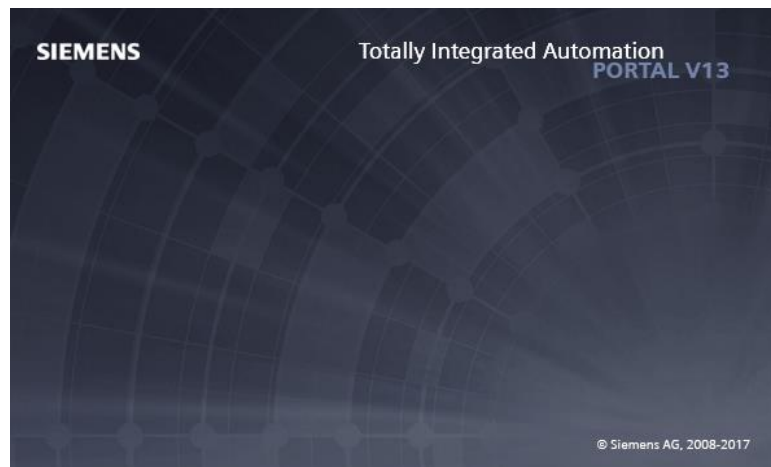


Figura 5. Tia Portal.

Cuando se abre por primera vez el programa Tia Portal, se encuentra una pantalla tal y como se muestra en la Figura 6. Esta nos da la opción a crear un nuevo proyecto, abrir uno ya creado anteriormente o migrar un proyecto.

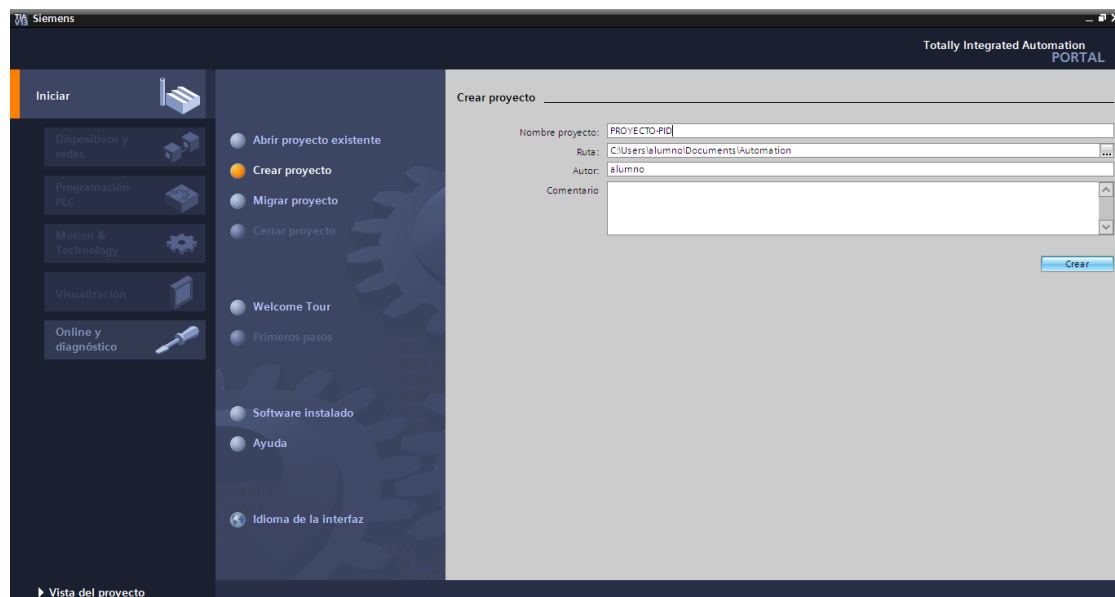


Figura 6. Imagen inicial Tia Portal.

La opción Welcome Tour redirige a la página de Siemens donde hay información y vídeos sobre el uso del programa. También en esta primera pantalla se puede ver la versión instalada del programa, mostrar la ayuda al usuario y cambiar el idioma de la interfaz.

Se debe crear un nuevo proyecto, la pantalla que sale es la Figura 7. Aunque todas las opciones que dan también son accesibles dando a la vista previa del proyecto, la cual se corresponde con la figura 8.

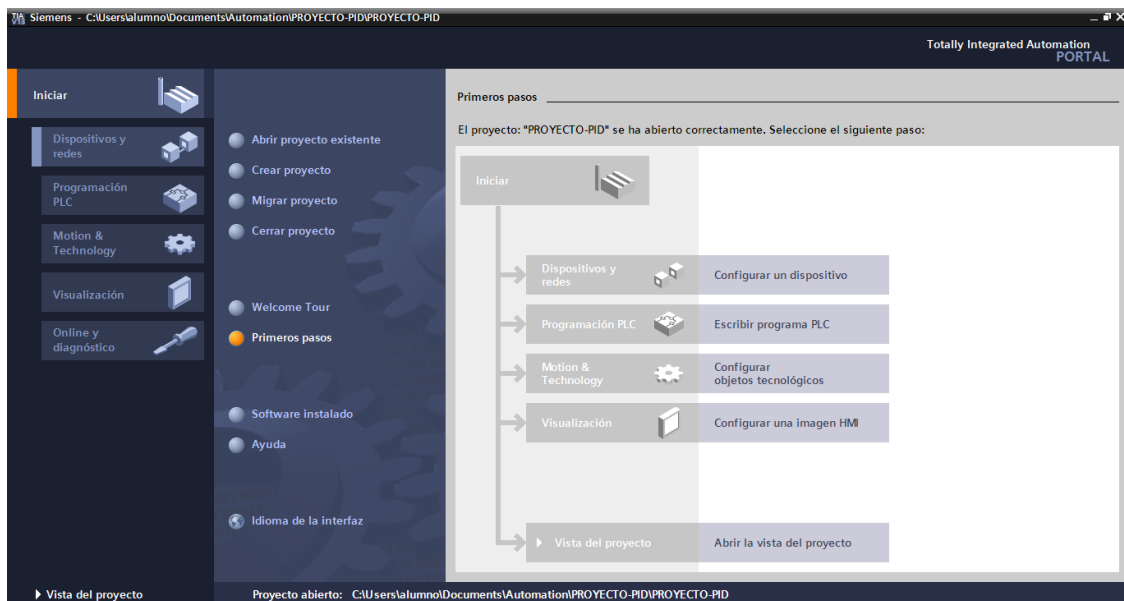


Figura 7. Vista del portal de Tia Portal.

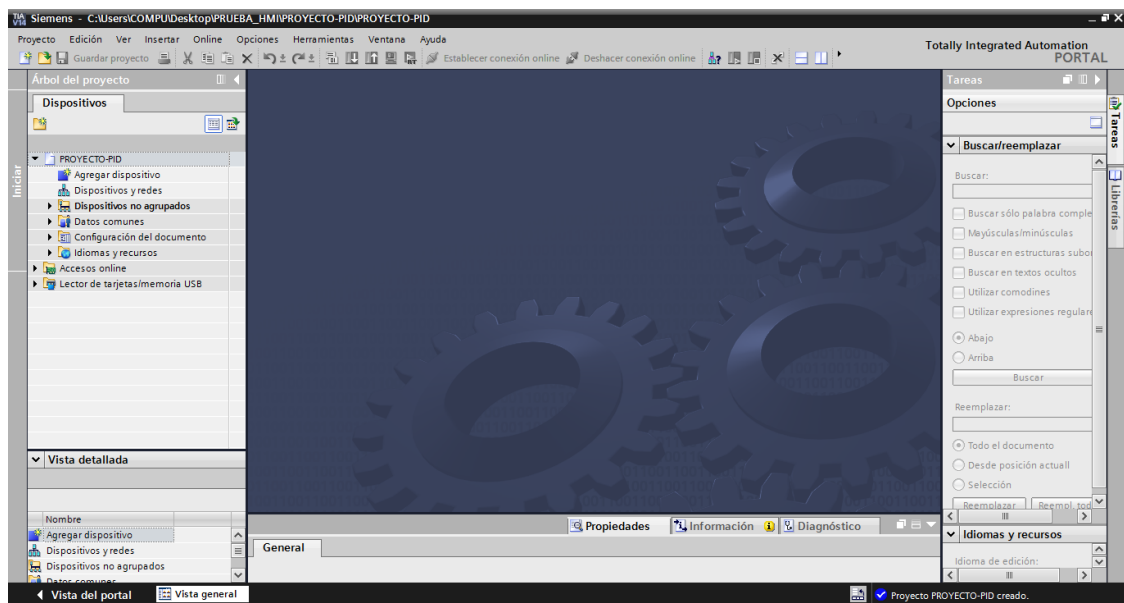


Figura 8. Vista del proyecto Tia Portal.

Como se puede apreciar, una vez dentro del proyecto, es posible añadir diferentes dispositivos y crear redes entre ellos. Primeramente, se agrega el PLC, que es el componente principal en dicho proyecto.

Para agregar el PLC, se debe dar un click en agregar dispositivo. Aparecerá una pantalla como en la Figura 9. Para añadir el PLC se tiene dos opciones se puede añadir directamente si se tiene el modelo exacto o se puede no especificar y usar la determinación del propio programa reconociendo directamente el dispositivo que se encuentra conectado. En el caso de este proyecto, se va a realizar sin especificar ya que permite de alguna manera ser de gran ayuda si no se conoce con que PLC se está trabajando, además de reconocer el Signal Board que contiene los PLCs del laboratorio de control.

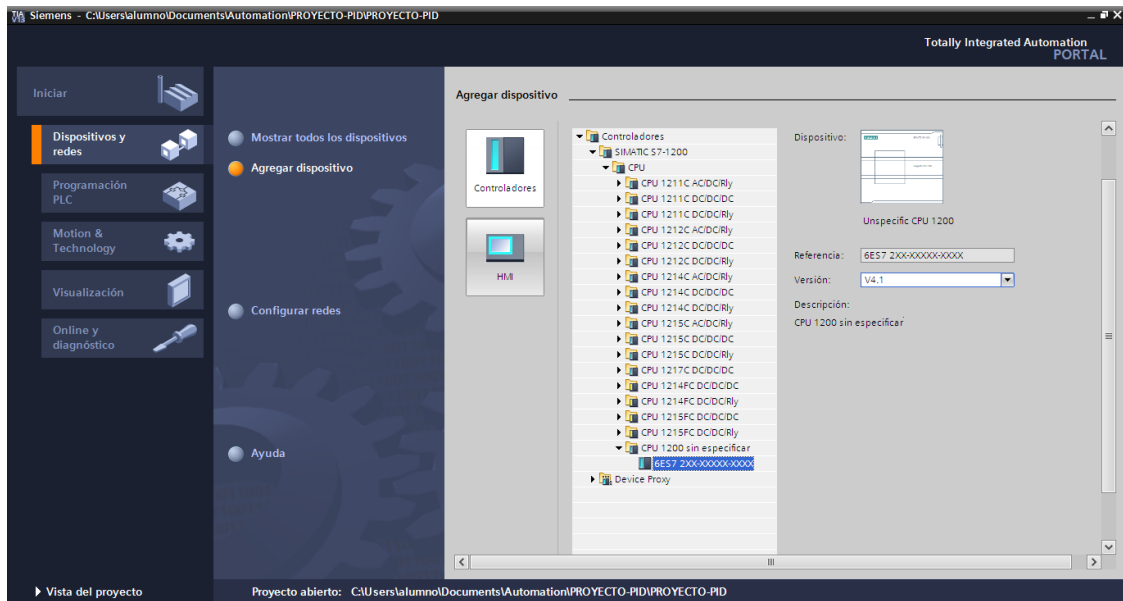


Figura 9. Agregar PLC.

Una vez agregado, la vista se observa en la Figura 10. En dicha vista se puede apreciar el PLC sin especificar, por consiguiente, se procede a dar un click en determinar, reconociendo directamente el PLC que se está utilizando, una forma de visualizar si se reconoció correctamente el PLC es activar la opción de parpadear como puede verse en la Figura 11.

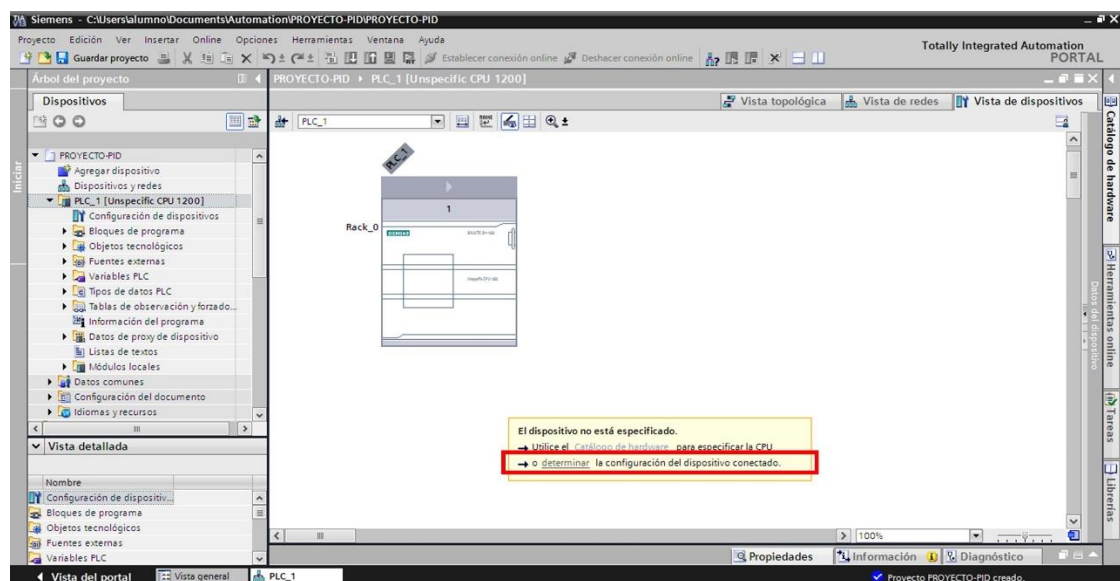


Figura 10. PLC sin especificar.

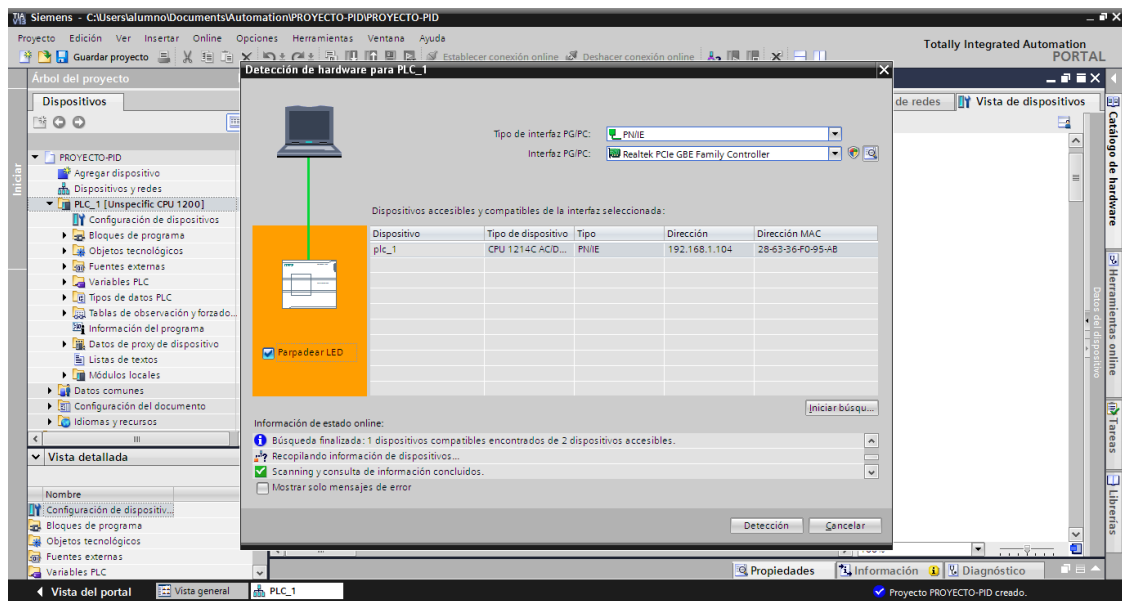


Figura 11. Reconocimiento PLC.

Una vez reconocido el PLC, la vista es la observada en la Figura 12. En esta vista se puede observar la configuración del dispositivo para administrarle la dirección correcta, los bloques de programa, variables, tipos de datos, tablas de observación, etc.

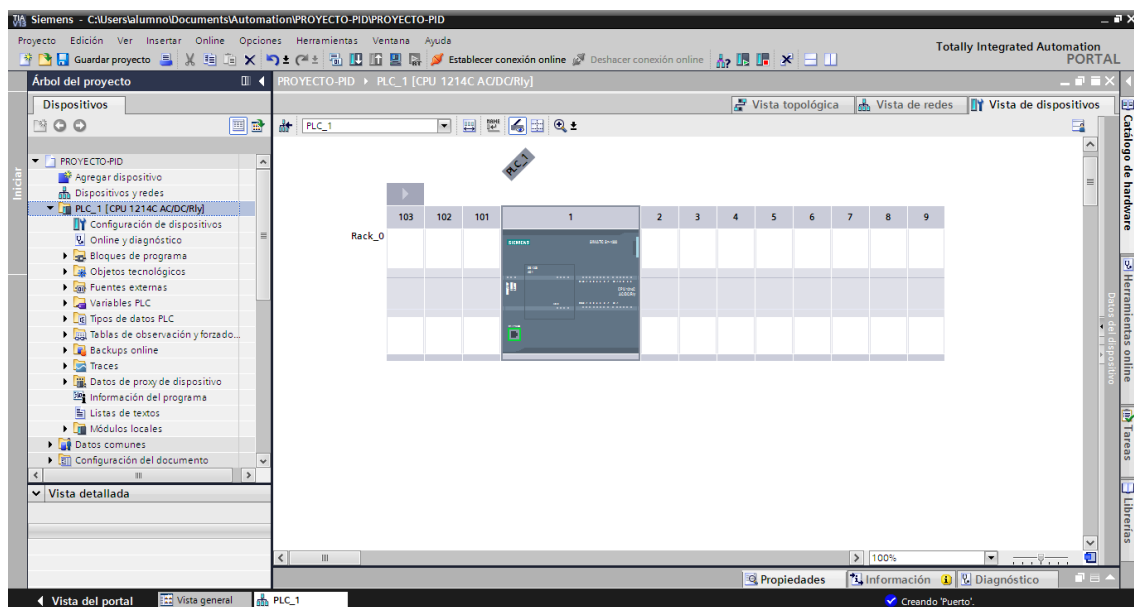


Figura 12. Vista previa del PLC.

Siempre se debe tener a vista el icono de compilar y cargar al dispositivo. Si no se dispone de los dispositivos físicos, se puede utilizar el icono que permite iniciar la simulación. Se puede acceder a ellos desde cualquier pantalla ya que se encuentran en la barra de herramientas superior, véase la Figura 13.



Figura 13. Iconos de compilar, cargar e iniciar la simulación respectivamente.

Cabe mencionar establecer la conexión online a la hora de hacer un programa en un PLC, esta conexión que se establece con el dispositivo permite ver qué ocurre a tiempo real en el programa gracias al icono mostrado en la Figura 14. Además, esta opción también permite visualizar alertas sobre cualquier incidente con el dispositivo.

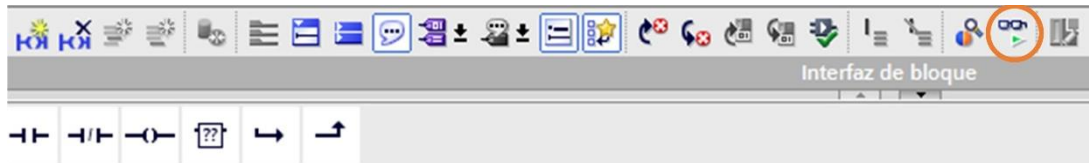


Figura 14. Icono de observación

Para programar un PLC hay que tener en cuenta que existen diferentes tipos de bloques. Existen bloques de organización (OB), como el main que se puede observar en la Figura 15, que se ejecutan cíclicamente y dentro de ellos se pueden llamar a otros bloques; bloques de función (FB) que son bloques lógicos que depositan su valor de forma permanente en el bloque de instancia permitiendo así el uso de la función en otro bloque de instancia distinto; funciones (FC) que consisten en bloques lógicos sin memoria y bloques de datos (DB) para almacenar datos del programa.

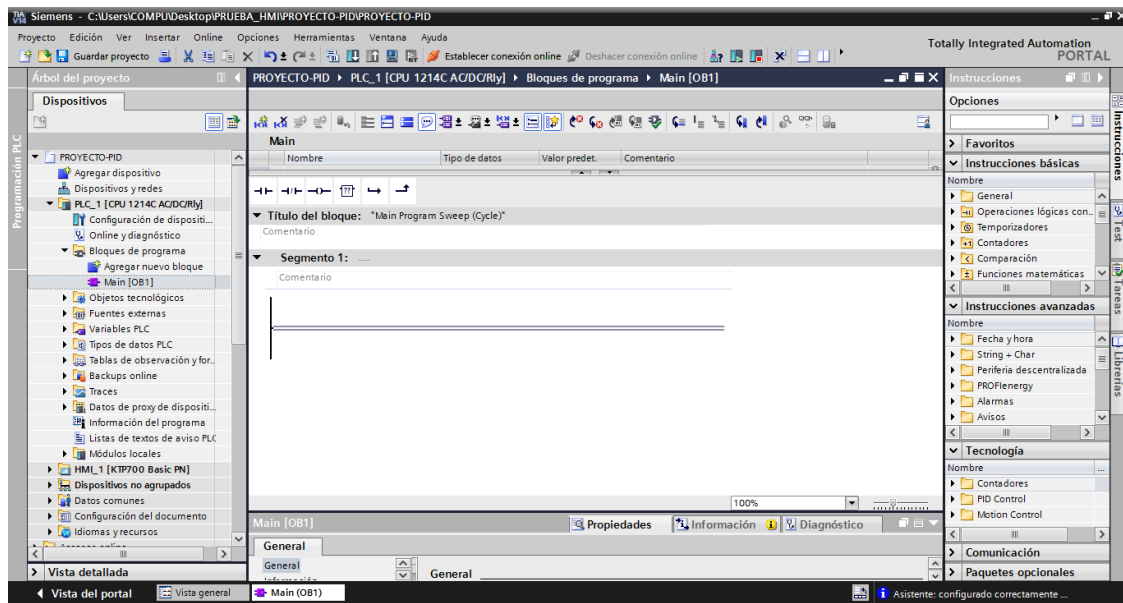


Figura 15. Vista del programa principal PLC (main).

Así mismo para que la programación sea de forma ordenada y tenga cierto nivel jerárquico se utilizará funciones dentro de las cuales se programaran cada una de las entradas y salidas del PLC.

Por lo tanto, dar un click en agregar nuevo bloque y se precede a seleccionar función como se puede observar en la Figura 16.

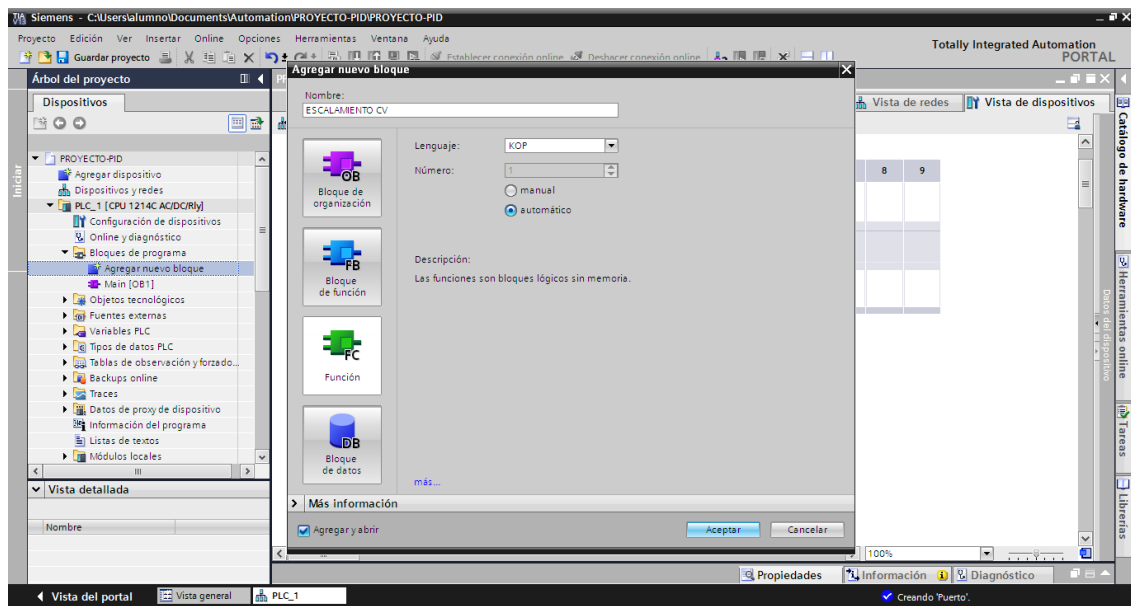


Figura 16. Agregar bloque de función.

Una vez seleccionado se tiene un nuevo bloque de función como se puede observar en la Figura 17, en donde se programa que entradas y que salidas se necesita, hay que tener en cuenta que las funciones deben ser llamadas en el bloque de organización principal.

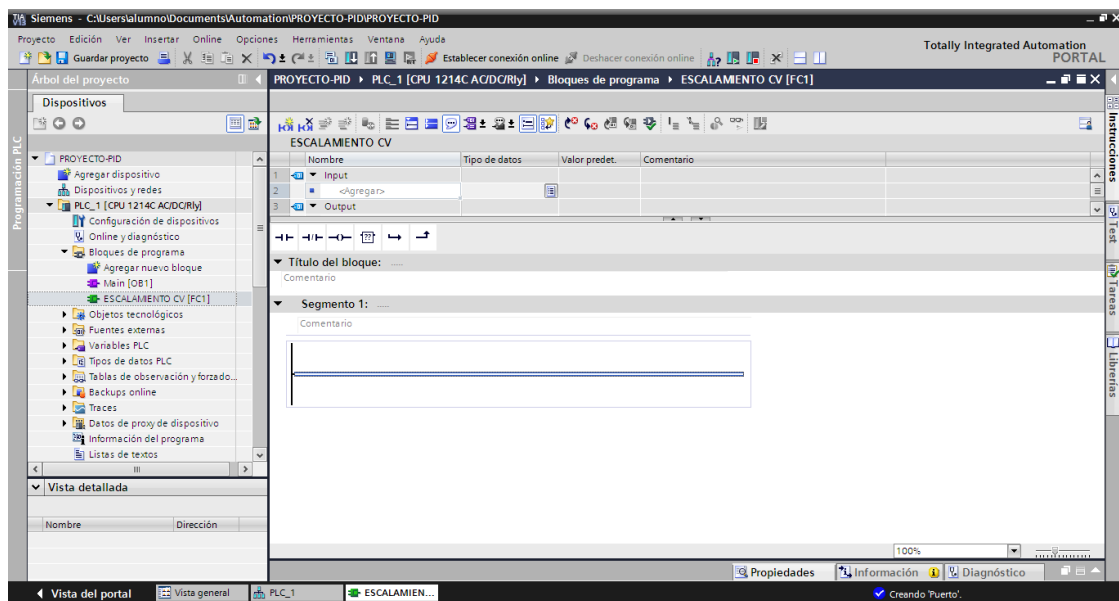


Figura 17. Vista de la función.

Se tiene que realizar tres bloques de funciones en para la aplicación, una para el escalado de la variable de control, otra para el escalado de la variable de proceso y una última para la velocidad del motor como se puede observar en la Figura 18.



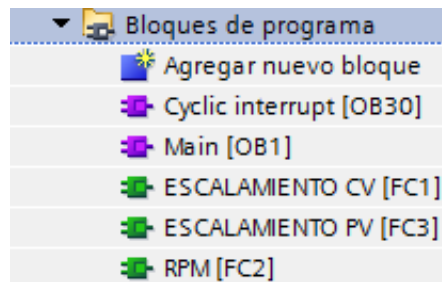


Figura 18. Bloques de funciones.

Una vez creadas todas las funciones se procede a configurar el contador rápido por medio del cual se obtendra la velocidad del motor DC.

Existen 6 contadores rápidos en el PLC, como se puede observar en la siguiente tabla.

HSC	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN PREDETERMINADA
HSC1	DInt	ID1000
HSC2	DInt	ID1004
HSC3	DInt	ID1008
HSC4	DInt	ID1012
HSC5	DInt	ID1016
HSC6	DInt	ID1020

Para la configuración del HSC1 se debe cliclear en las propiedades el PLC, en donde se despliega las mismas, dirigiéndonos hacia los contadores rápidos. En los contadores rápidos se selecciona HSC1 con el cual se va a trabajar, como se puede apreciar en la Figura 19. Además, se tienes que dar un click en activar este contador rápido para trabajar con él y tener la dirección determina por defecto que en nuestro caso es la ID1000.

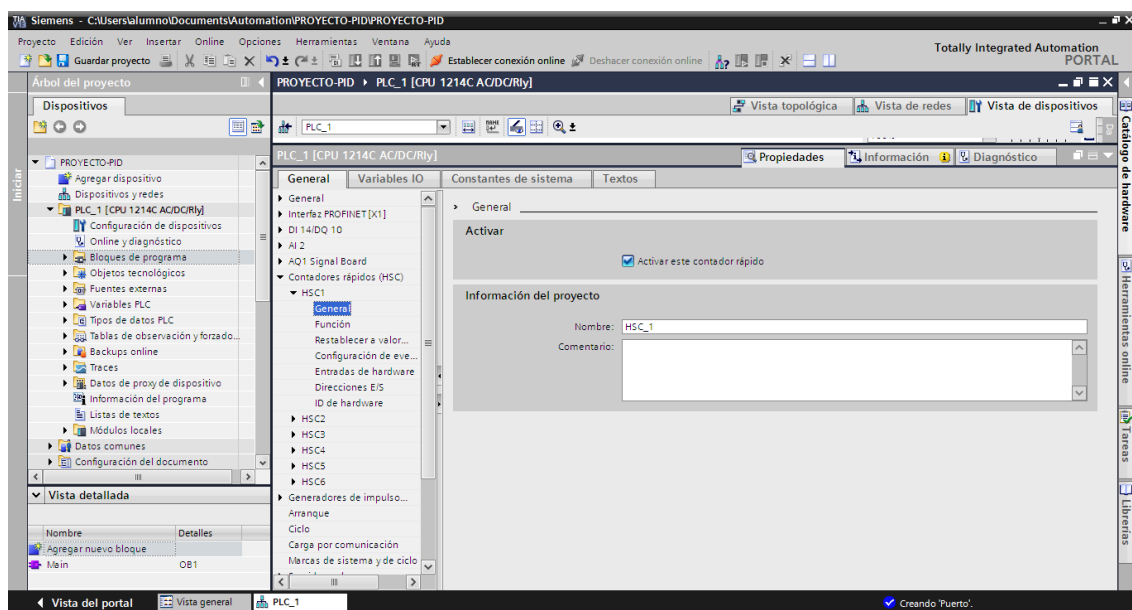


Figura 19. Activar contador rápido.

Por otro lado, se tienes que seleccionar el modo de conteje en frecuencia, y fase de servicio monofásica ya que se tiene un único pulso por rotación. Hay que añadir que se tiene que poner el período de medición de frecuencia en 1 segundo.

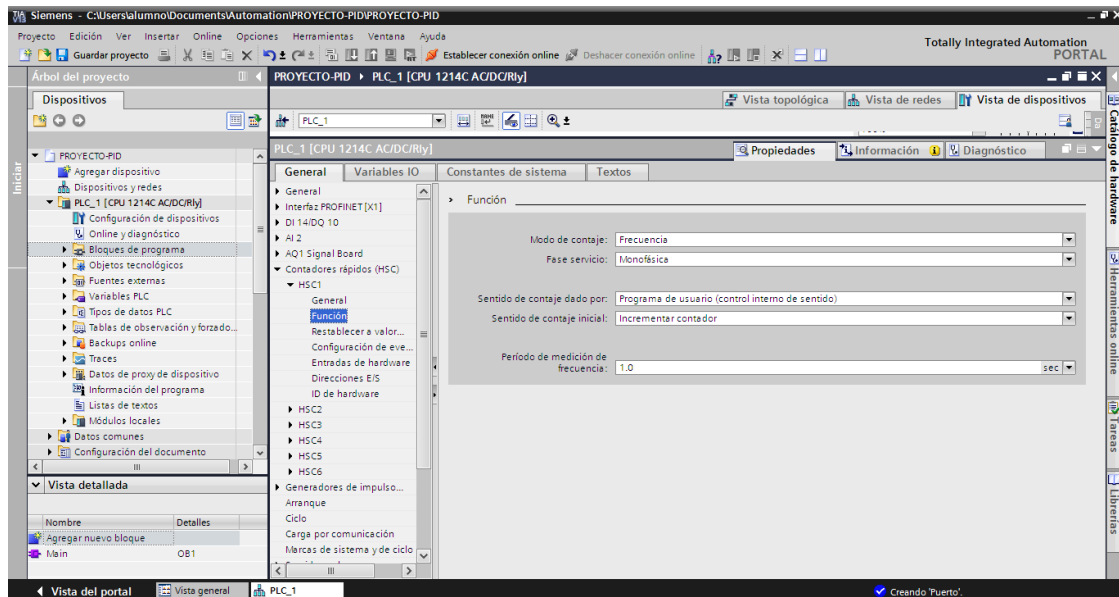


Figura 20. Configuración de los parámetros del HSC.

Seguidamente se debe seleccionar la entrada de hardware del PLC, la entrada %I1.0 cómo se puede observar en la Figura 21, se selecciona ésta entraba ya que las primeras 8 entradas están conectados a una botonera.

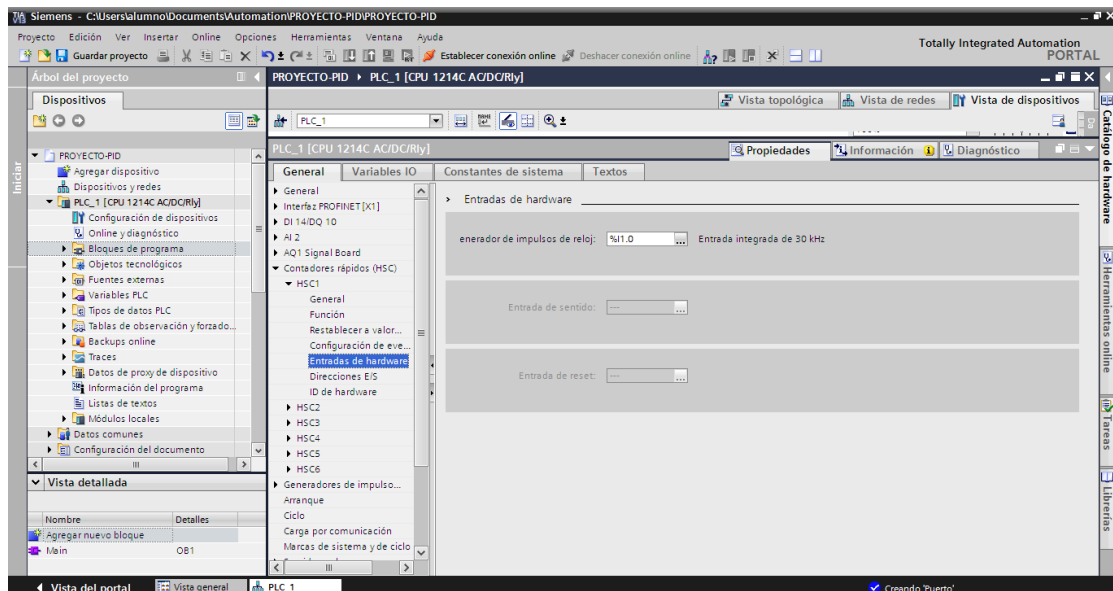


Figura 21. Configuración entrada de hardware del HSC.

Una vez configurado el contador rápido, se procede a cargar las funciones dentro de los bloques de programas.

En la Figura 22 se puede apreciar la programación de la función ESCALAMIENTO CV, la cual nos permite obtener el escalado de mi salida del PLC en este caso tensión, para tener información más clara sobre las salidas analógicas del PLC se presenta la siguiente tabla.

Datos Técnicos	SB 1232 AQ 1 x 12 bits
Número de Salidas	1
Tipo	Tensión e Intensidad
Rango	±10 V o 20 mA
Resolución	Tensión: 12 bits Intensidad: 11 bits
Rango total (palabra de datos)	Tensión: -27648 a 27648 Intensidad: de 0 a 27.648
Precisión (25°C / de -20 a 60°C)	±0.5% / ±1% de rango máximo
Tiempo de estabilización (95% del nuevo valor)	Tensión: 300 µs (R), 750 µs (1 µF) Intensidad: 600 µs (1 mH), 2ms (10 mH)
Impedancia de carga	Tensión: ≥ 1000 Ω Intensidad: ≤ 600 Ω
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)
Aislamiento (de campo a lógica)	Ninguno
Longitud de cable (metros)	100m, trenzado y apantallado

En éste caso se programa para una tensión de salida de 1,5 a 3,7 voltios, el cual es el rango de operación de mi diodo LED.

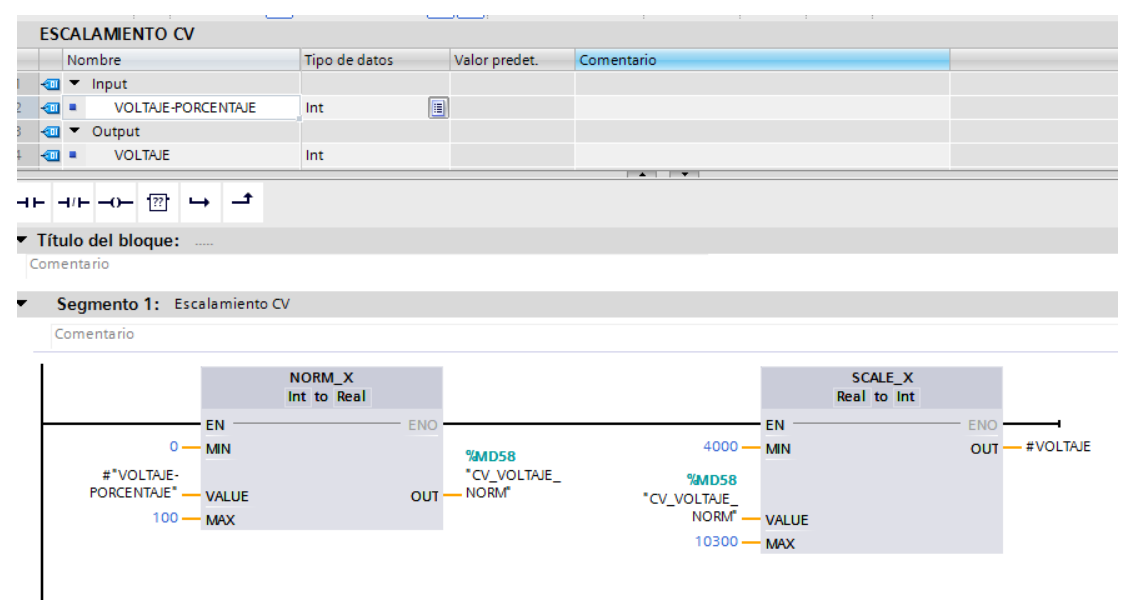


Figura 22. Programación función ESCALAMIENTO CV.

En la Figura 23 se observa la programación de la función RPM, la cual nos permite obtener las revoluciones por minuto de motor DC, en éste caso existe una operación aritmética, ésta realiza una multiplicación de la frecuencia obtenida en un segundo por 60 segundos, dándonos como resultado rpm.

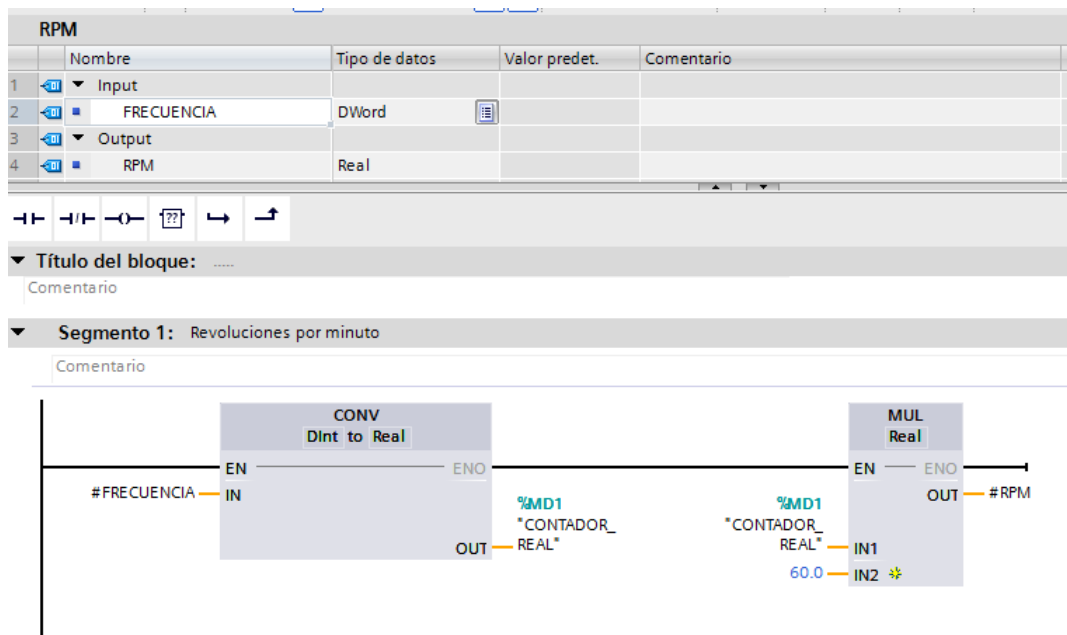


Figura 23. Programación función RPM.

En la Figura 24 se visualiza la programación de la función ESCALAMIENTO PV, en la cual nos permite tener el escalado de mi entrada de señal de entrada hacia el PLC, ésta esta escalada en su rango de operación.

En la programación de esta función hay que tener en cuenta que se debe invertir el proceso ya que si no se invierte será un control PID indirecto, para lo cual se coloca un SUB, éste es un operador aritmético el cual resta la salida normalizada entre 0.0 y 1.0 de 1, al realizar dicha operación ya me invierte y se procede a escalar.

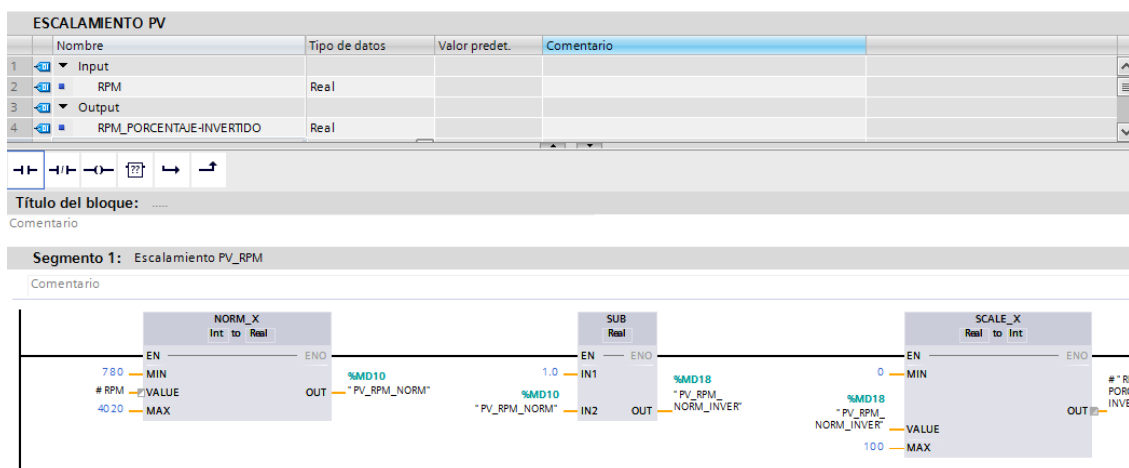


Figura 24. Programación función ESCALAMIENTO PV.

Teniendo las funciones de mis señales de entrada y salida se procede a arrastrar las funciones hacia el main principal, ayudándonos a tener una programación en orden y jerarquizada.

En la Figura 25 se puede observar algunas de las funciones colocadas en el Main principal.

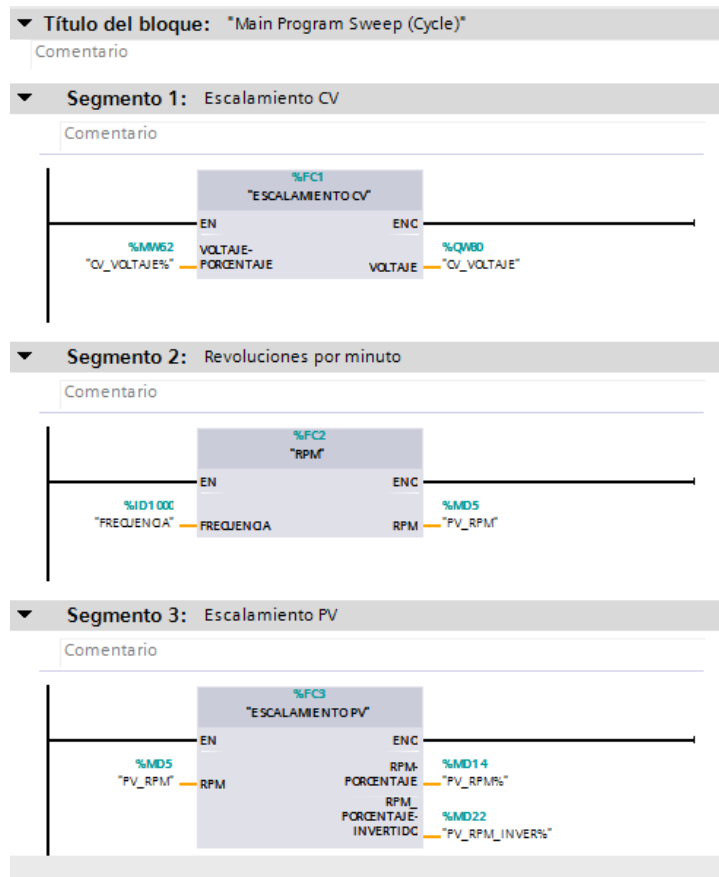


Figura 25. Programación Main principal.

Dentro del proyecto se utiliza un bloque de organización (OB30) alarma cíclica donde se coloca el PID\_Compact.

Por lo tanto, para colocar ésta alarma cíclica, se da un click en agregar nuevo bloque y se procede a seleccionar alarma cíclica como se puede observar en la Figura 26.

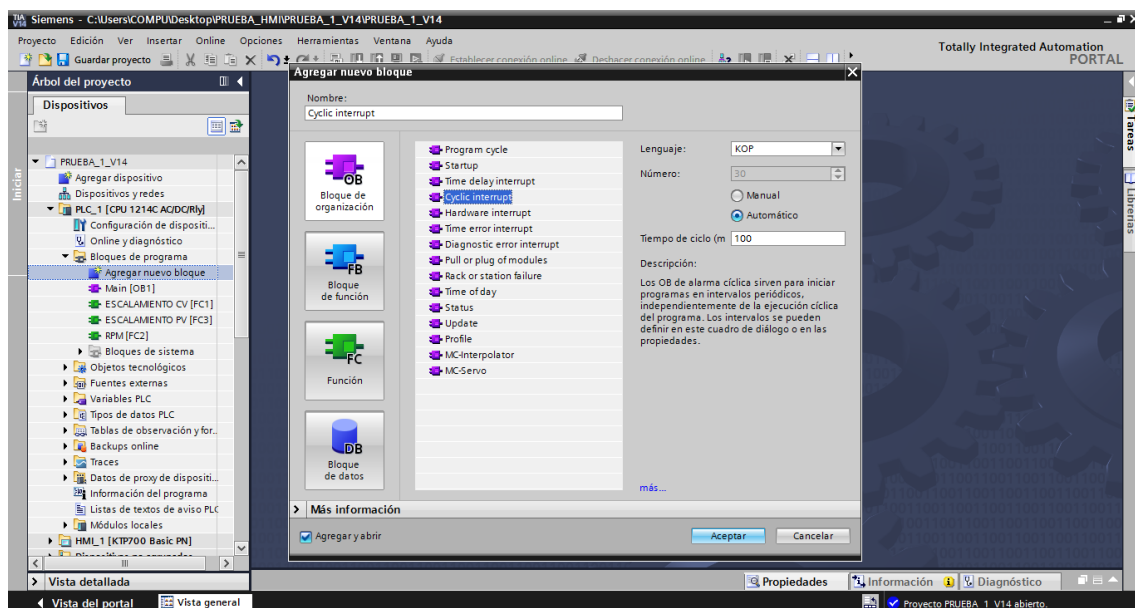


Figura 26. Agregar bloque de alarma cíclica.

Una vez seleccionado se tiene un nuevo bloque de organización como se aprecia en la Figura 26, donde se ejecutará el controlador PID.

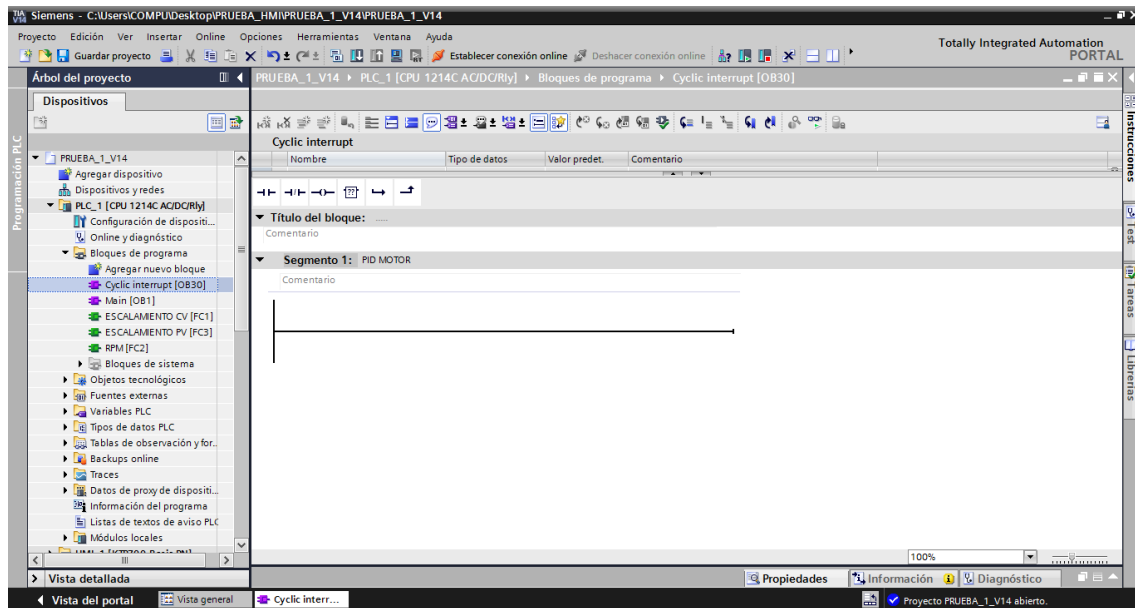


Figura 27. Vista de la alarma cíclica donde se ejecutará en controlador PID.

Para configurar el controlador PID, se debe insertar el PID\_Compact en la alarma cíclica como se puede observar en la Figura 28. Existen dos maneras de configurar el PID una es dando click derecho en la instrucción y seleccionando propiedades, y la otra es dando click en la instrucción en la esquina superior derecha. Se puede apreciar que existen dos dibujos los cuales uno abre la configuración y el otro la ventana para poner en servicio el PID, en esta última es donde se realiza la autosintonización.

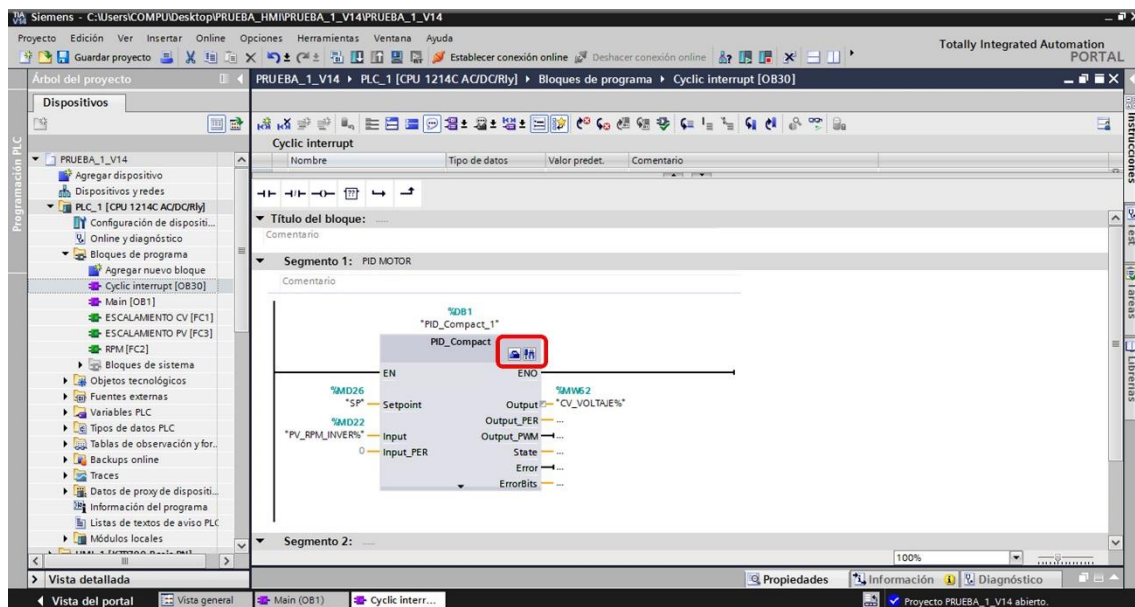


Figura 28. PID\_Compact en una alarma cíclica.

En el presente proyecto se aparta el tipo de regulación general como se puede observar en la Figura 29, en donde se maneja porcentajes, hay que destacar que existen distintos tipos de regulación como temperatura, caudal, presión, longitud, etc.

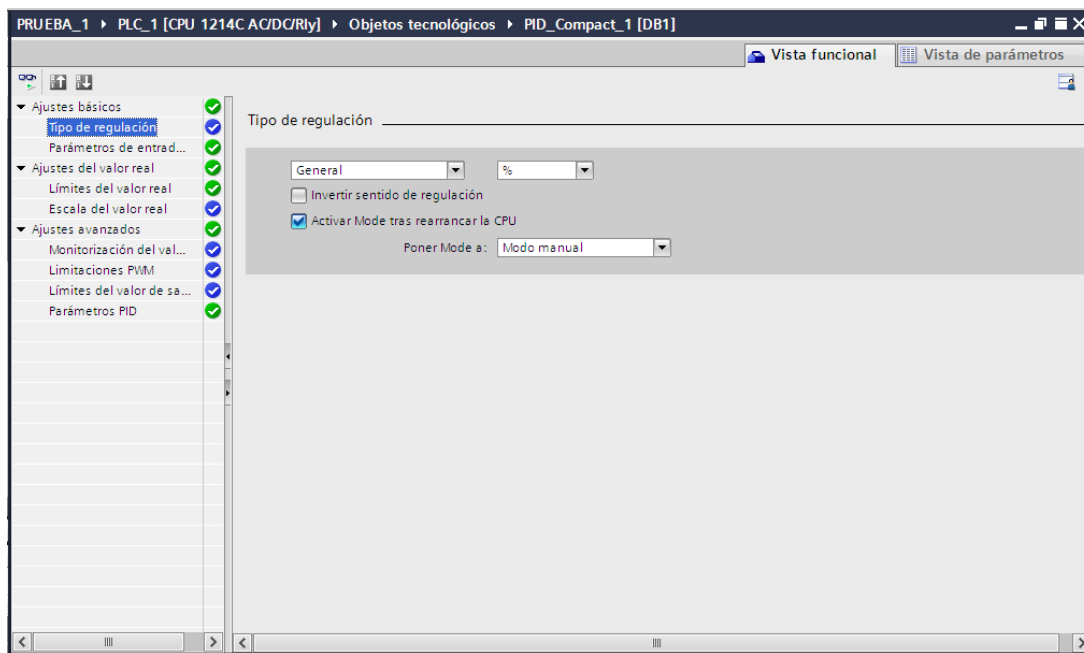


Figura 29. Tipo de regulación del PID\_Compact.

Por otro lado, para configurar los parámetros que van a intervenir en el PID\_Compact, hay que tener claro que en nuestro caso se tiene un tipo de regulación general para lo cual, al momento de configurar la entrada y salida, se tiene que seleccionar INPUT Y OUTPUT respectivamente y añadir la variable escalada y normalizada como se puede visualizar en la Figura 30. El setpoint en este proyecto no es normalizado ni escalado debido a que es asignado por el programador.

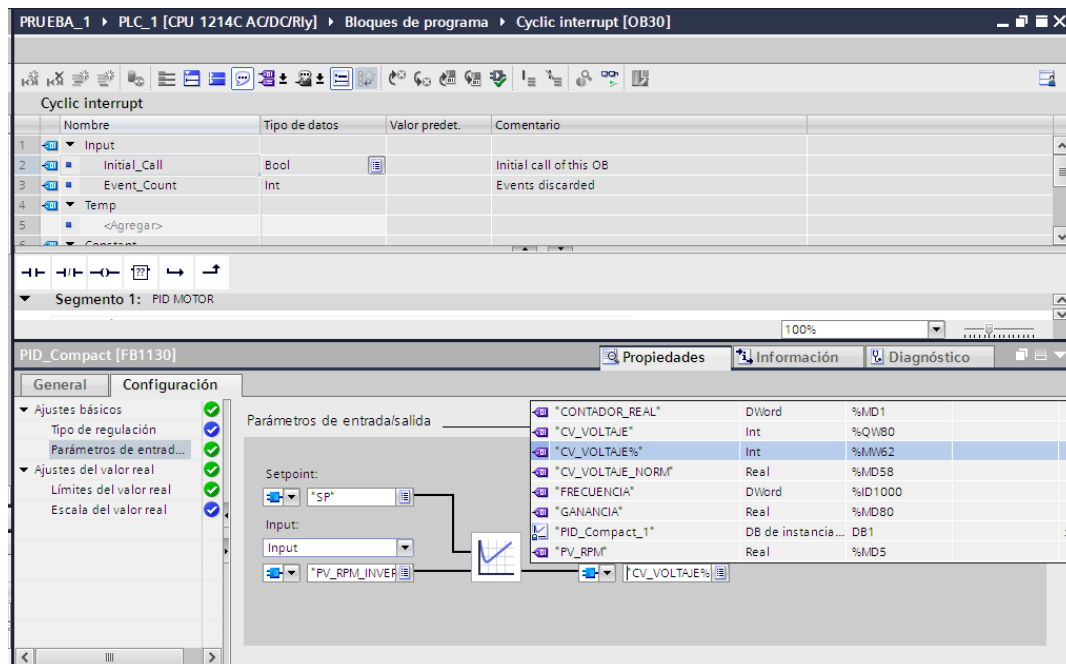


Figura 30. Configuración de los parámetros entrada y salida del PID\_Compact.

De igual manera se tiene que ajustar los límites del valor real, en nuestro caso se ajusta el límite inferior en 0% y el límite superior en 100% como se puede observar en la Figura 31, esto se verá reflejado en la gráfica al momento de sintonizar.

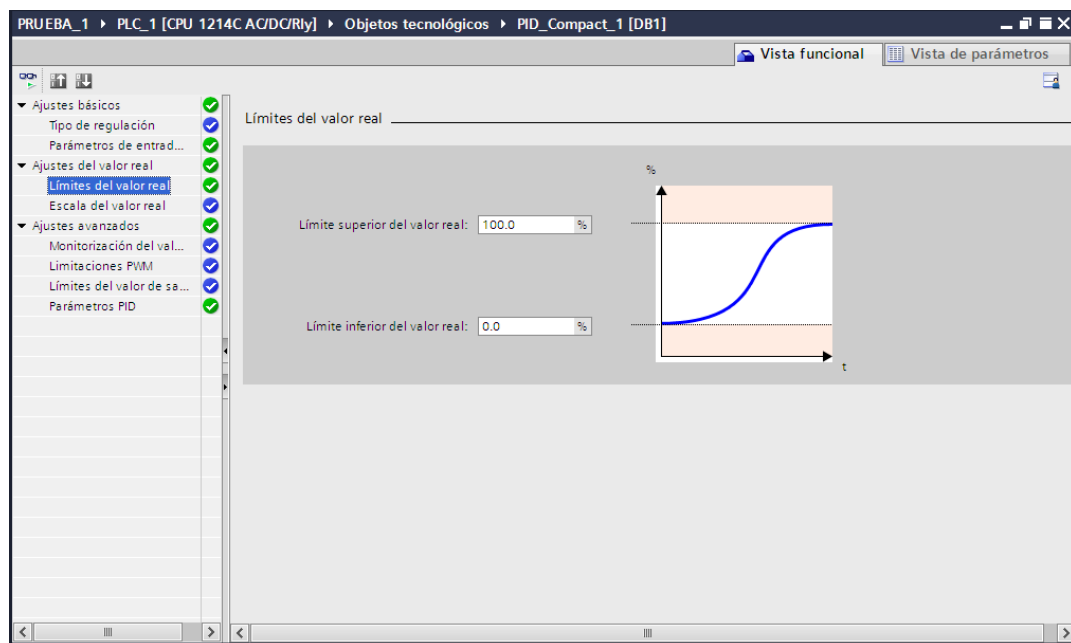


Figura 31. Configuración de los límites del valor real del PID\_Compact.



## GUÍA DE PRÁCTICA DE FORMACIÓN 2

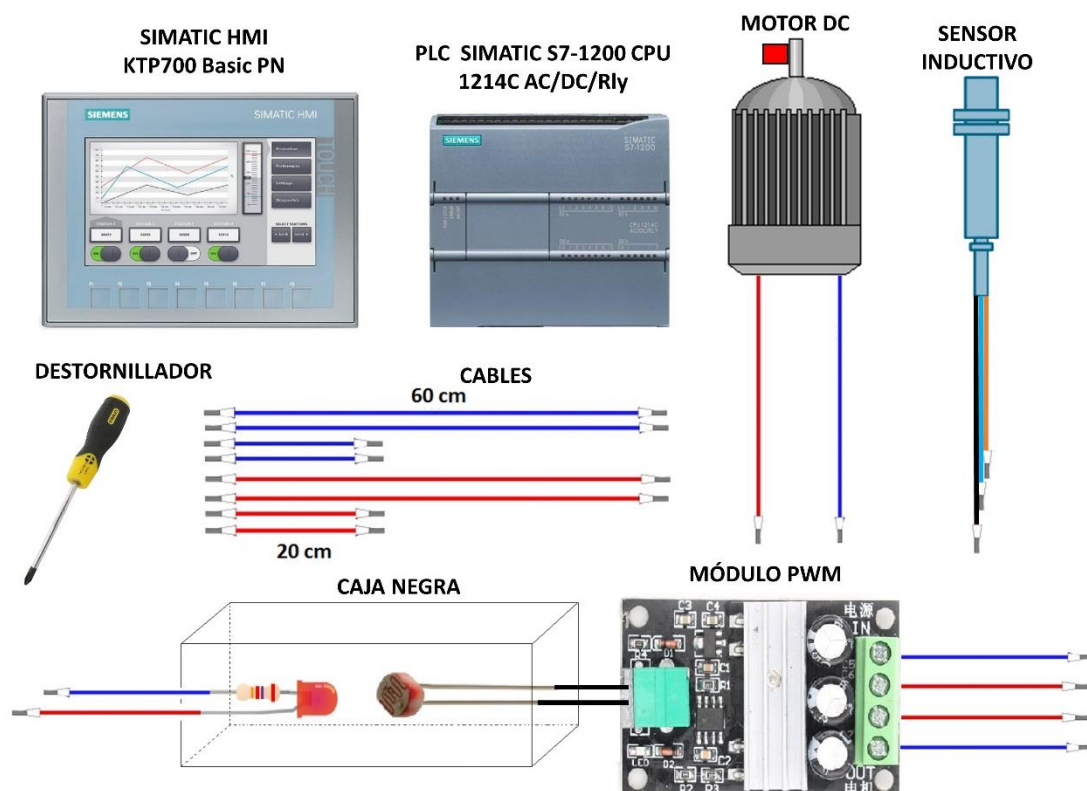
### Controladores PID Integrados en PLC

**Tema:** Control de velocidad de un motor DC visualizado en una pantalla de operador.

#### Objetivos de la Práctica

- Configuración y conexionado de Salida Analógica.
- Configuración y conexionado de entradas rápidas (sensor inductivo).
- Configuración PID.
- Configuración HMI
- Visualización PID en pantalla HMI.

#### Materiales



#### Especificaciones del funcionamiento

Primeramente, es necesario tener claro ciertos conceptos, por tal motivo a continuación se presenta una tabla con los conceptos más importantes a tener en cuenta en el control del sistema:

Variables	Definición
Variable de proceso (PV)	La variable de proceso es aquella que puede cambiar las condiciones del proceso.
Variable de control (CV)	Controla la salida del sistema
Setpoint	El setpoint es el valor el cual se desea mantener la variable de proceso.

La aplicación consiste en realizar un control de velocidad de un motor DC implementando la instrucción PID\_Compact. El sistema cuenta con un sensor inductivo y su lectura se interpretará en revoluciones por minuto, el sensor detectará cada vez que gira el motor por medio de un contacto metálico como se puede observar en la Figura 1

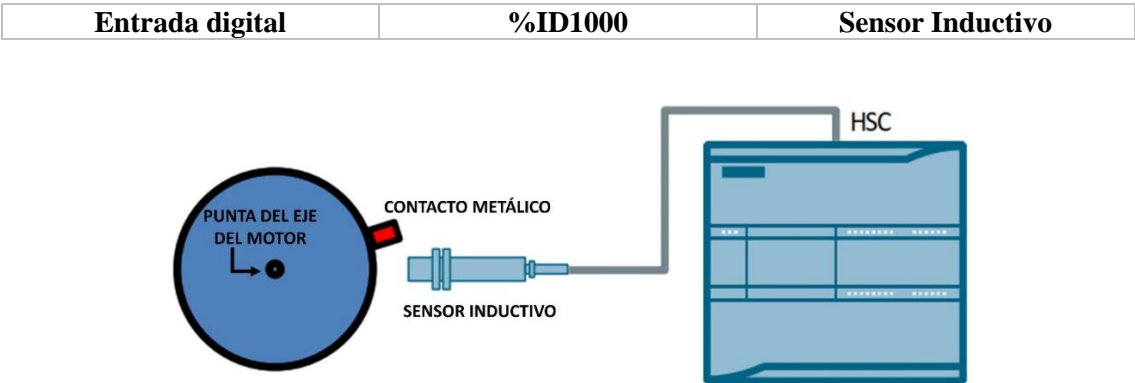


Figura 1. Medición de velocidad en caso de un pulso por rotación.

La salida analógica se conectará un diodo LED, cuya luminosidad permite variar la resistencia de la LTD, permitiendo al módulo PWM controlar la velocidad del motor DC.

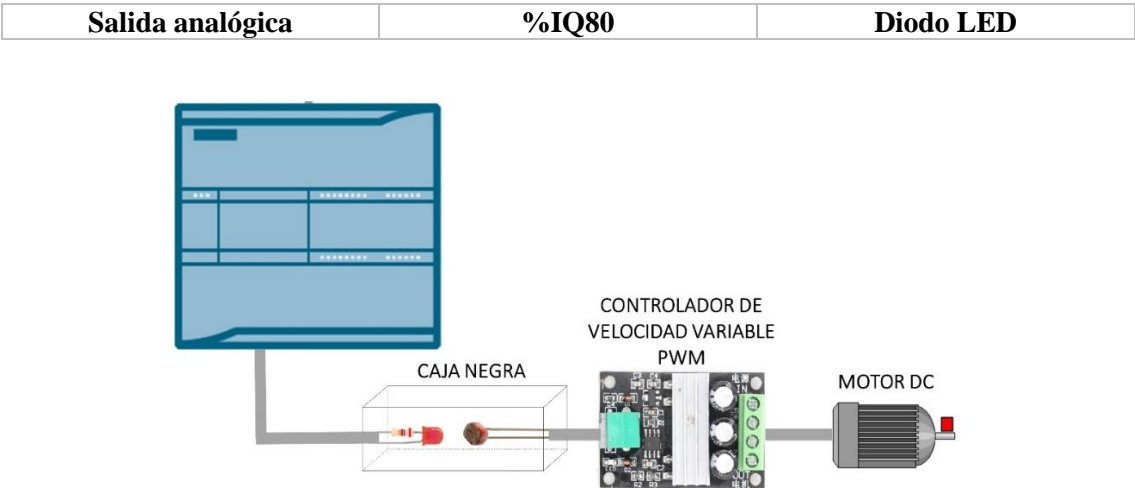


Figura 2. Salida analógica.

**Listado de variables**

Antes de empezar la programación usted deberá definir las variables a utilizar en el programa, por lo tanto, es necesario la creación de las siguientes variables:

NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN
FRECUENCIA	DWord	%ID1000
PV_RPM	Real	Asignada por el estudiante
PV_RPM_NORM	Real	Asignada por el estudiante
PV_RPM%	Real	Asignada por el estudiante
CV_VOLTAJE	Int	%QW80
CV_VOLTAJE_NORM	Real	Asignada por el estudiante
CV_VOLTAJE%	Int	Asignada por el estudiante
SP	Real	%MD26

Diagramas de flujo

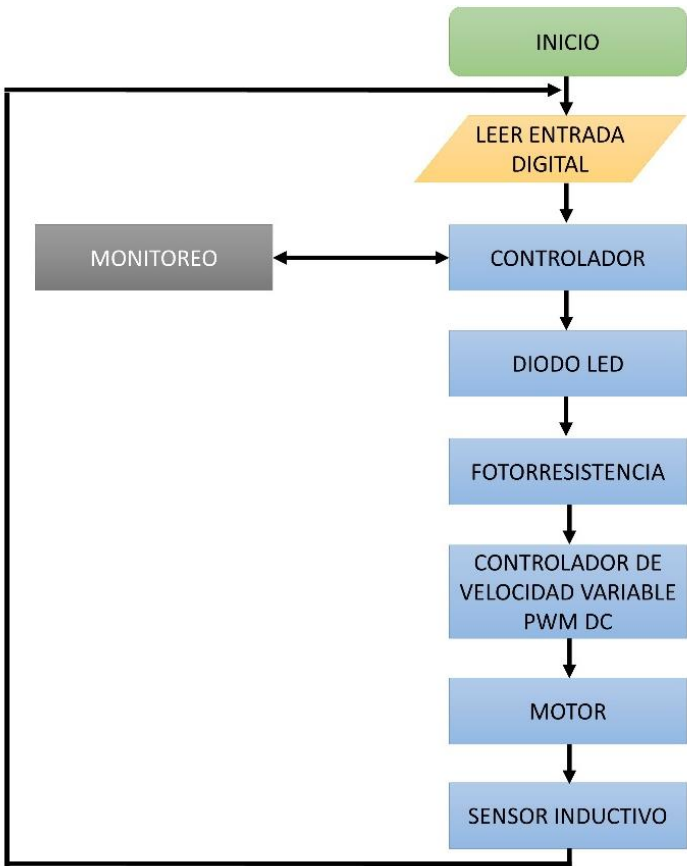


Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de velocidad.

Plano base para realizar el conexionado del motor el lazo cerrado

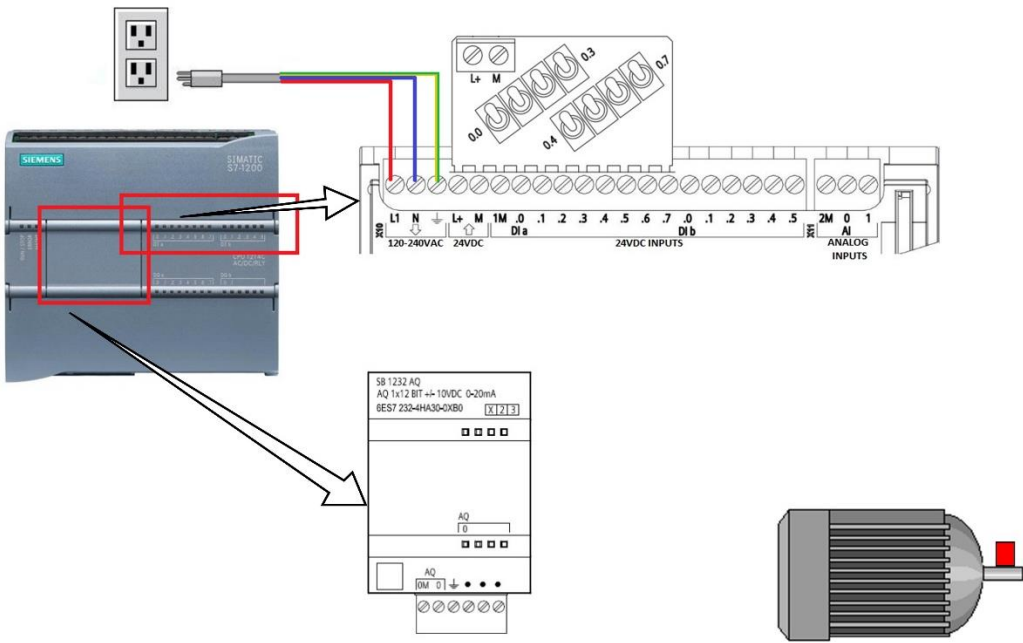


Figura 4. Plano base.

## Aplicación

Se trabajará con TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) de SIEMENS en su versión 13 o 14 como se puede observar en la Figura 5.

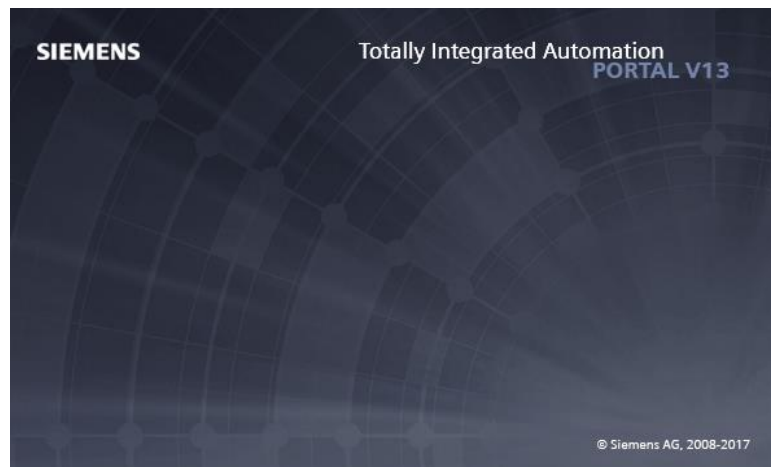


Figura 5. Tia Portal.

Cuando se abre por primera vez el programa Tia Portal, se encuentra una pantalla tal y como se muestra en la Figura 6. Esta nos da la opción a crear un nuevo proyecto, abrir uno ya creado anteriormente o migrar un proyecto.

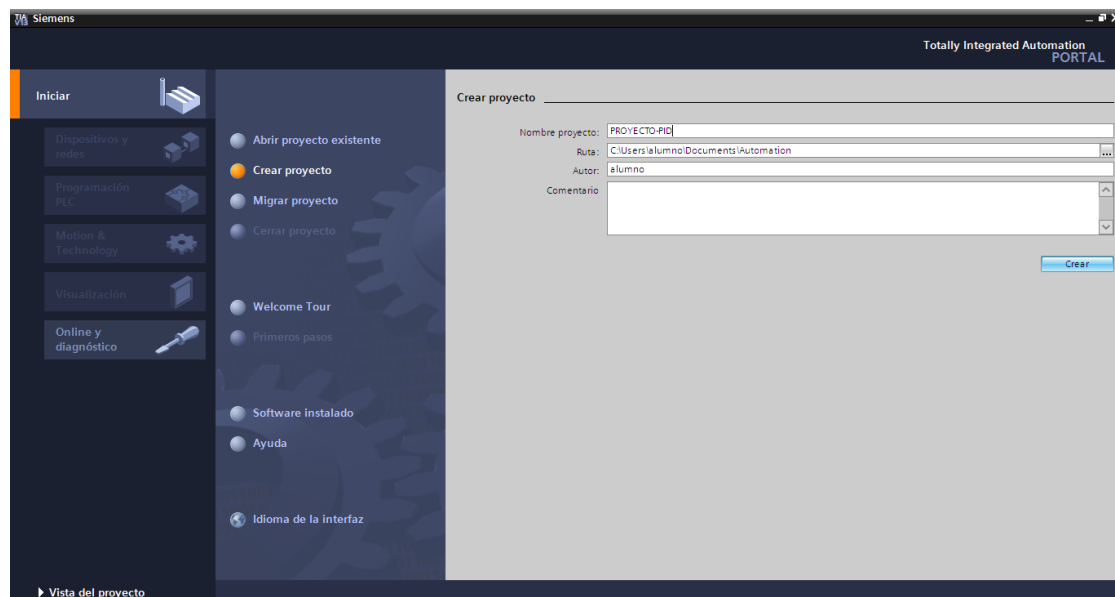


Figura 6. Imagen inicial Tia Portal.

La opción Welcome Tour redirige a la página de Siemens donde hay información y vídeos sobre el uso del programa. También en esta primera pantalla se puede ver la versión instalada del programa, mostrar la ayuda al usuario y cambiar el idioma de la interfaz.

Se debe crear un nuevo proyecto, la pantalla que sale es la Figura 7. Aunque todas las opciones que dan también son accesibles dando a la vista previa del proyecto, la cual se corresponde con la figura 8.

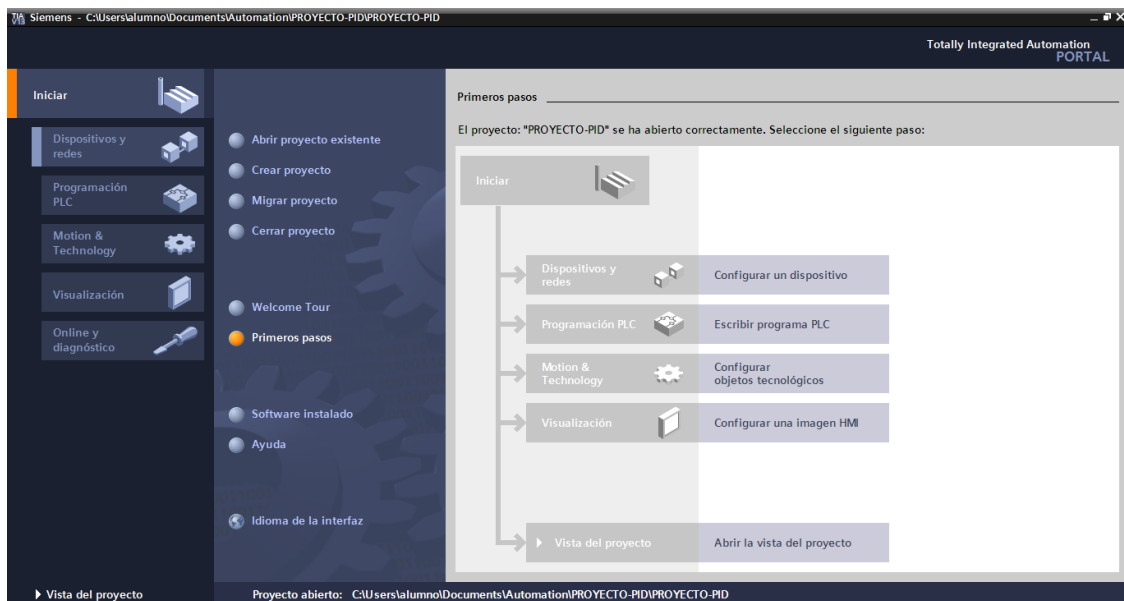


Figura 7. Vista del portal de Tia Portal.

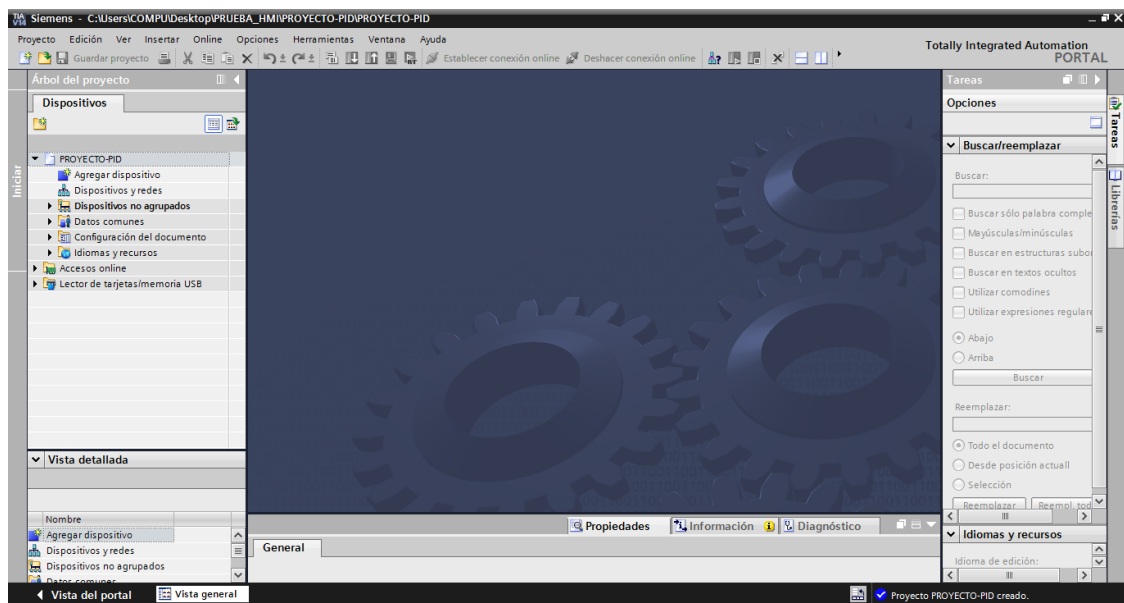


Figura 8. Vista del proyecto Tia Portal.

Como se puede apreciar, una vez dentro del proyecto, es posible añadir diferentes dispositivos y crear redes entre ellos. Primeramente, se agrega el PLC, que es el componente principal en dicho proyecto.

Para agregar el PLC, se debe dar un click en agregar dispositivo. Aparecerá una pantalla como en la Figura 9. Para añadir el PLC se tiene dos opciones se puede añadir directamente si se tiene el modelo exacto o se puede no especificar y usar la determinación del propio programa reconociendo directamente el dispositivo que se encuentra conectado. En el caso de este proyecto, se va a realizar sin especificar ya que permite de alguna manera ser de gran ayuda si no se conoce con que PLC se está trabajando, además de reconocer el Signal Board que contiene los PLCs del laboratorio de control.

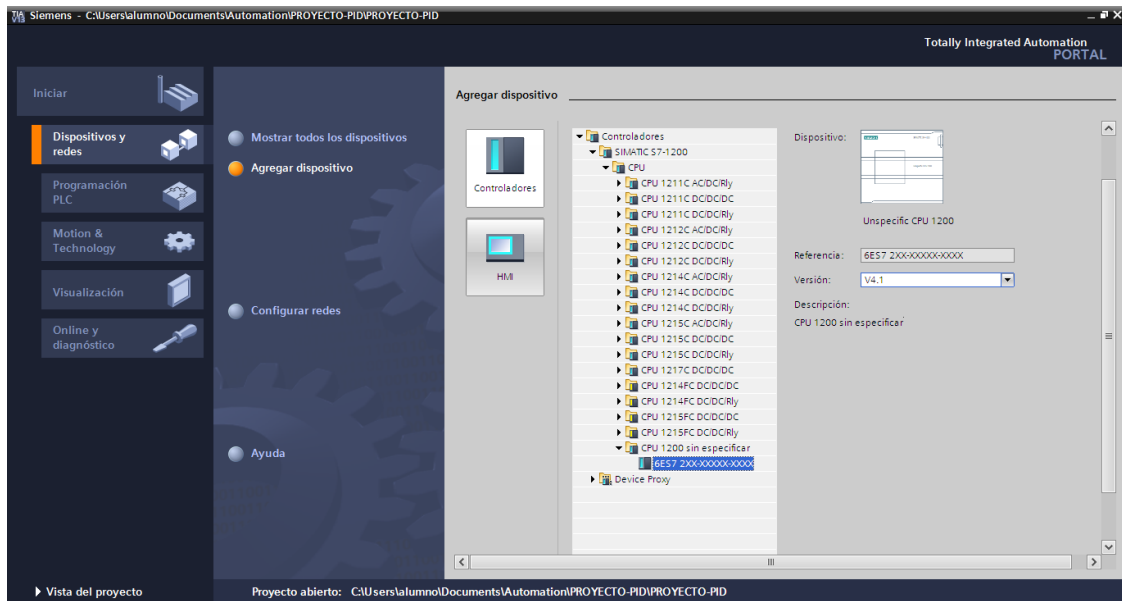


Figura 9. Agregar PLC.

Una vez agregado, la vista se observa en la Figura 10. En dicha vista se puede apreciar el PLC sin especificar, por consiguiente, se procede a dar un click en determinar, reconociendo directamente el PLC que se está utilizando, una forma de visualizar si se reconoció correctamente el PLC es activar la opción de parpadear como puede verse en la Figura 11.

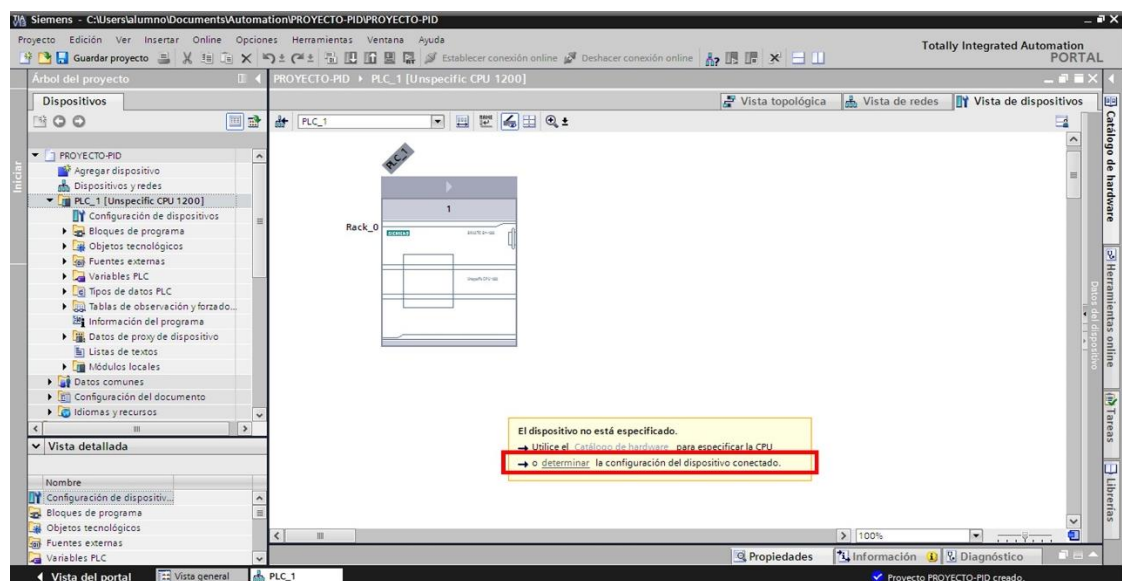


Figura 10. PLC sin especificar.

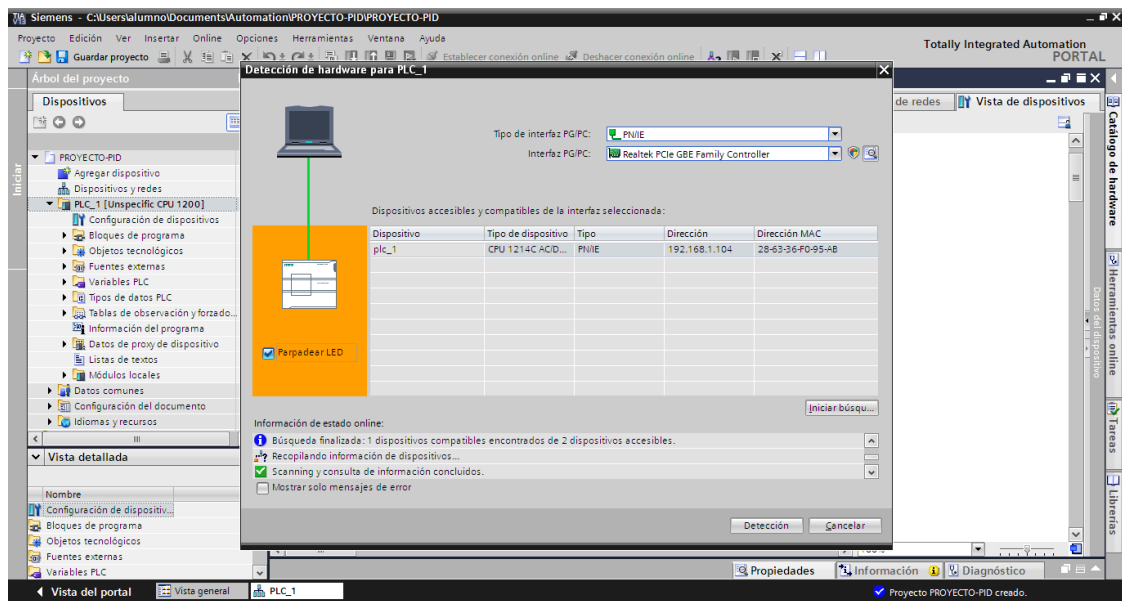


Figura 11. Reconocimiento PLC.

Una vez reconocido el PLC, la vista es la observada en la Figura 12. En esta vista se puede observar la configuración del dispositivo para administrarle la dirección correcta, los bloques de programa, variables, tipos de datos, tablas de observación, etc.

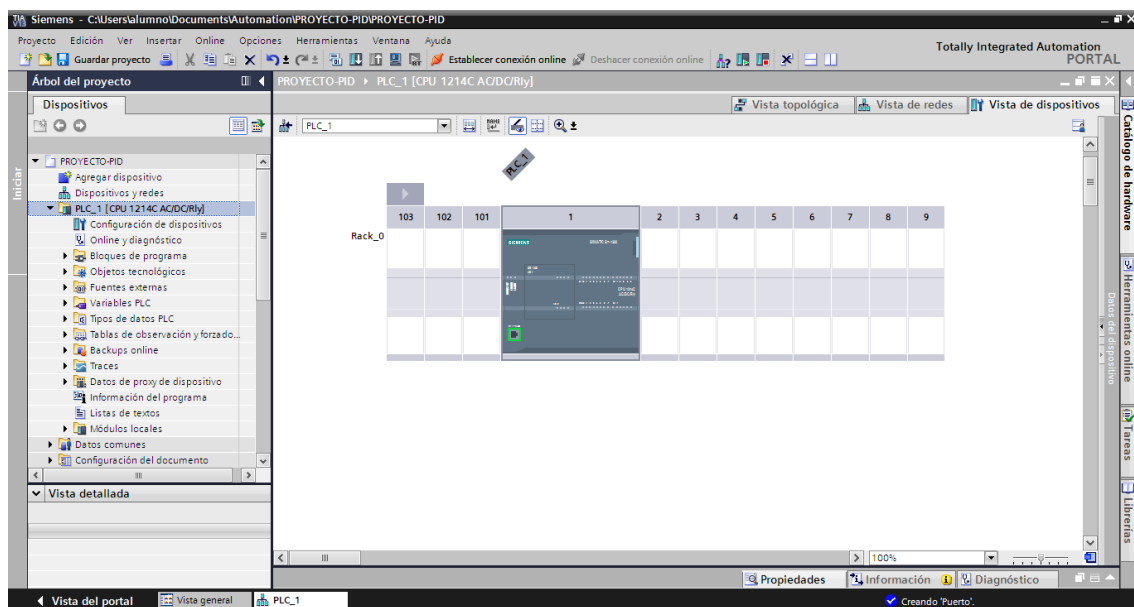


Figura 12. Vista previa del PLC.

Siempre se debe tener a vista el icono de compilar y cargar al dispositivo. Si no se dispone de los dispositivos físicos, se puede utilizar el icono que permite iniciar la simulación. Se puede acceder a ellos desde cualquier pantalla ya que se encuentran en la barra de herramientas superior, véase la Figura 13.





Figura 13. Iconos de compilar, cargar e iniciar la simulación respectivamente.

Cabe mencionar establecer la conexión online a la hora de hacer un programa en un PLC, esta conexión que se establece con el dispositivo permite ver qué ocurre a tiempo real en el programa gracias al icono mostrado en la Figura 14. Además, esta opción también permite visualizar alertas sobre cualquier incidente con el dispositivo.

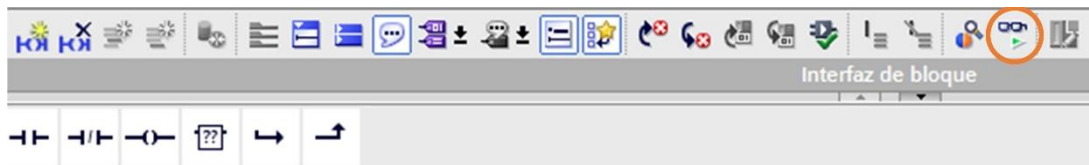


Figura 14. Icono de observación

Para programar un PLC hay que tener en cuenta que existen diferentes tipos de bloques. Existen bloques de organización (OB), como el main que se puede observar en la Figura 15, que se ejecutan cíclicamente y dentro de ellos se pueden llamar a otros bloques; bloques de función (FB) que son bloques lógicos que depositan su valor de forma permanente en el bloque de instancia permitiendo así el uso de la función en otro bloque de instancia distinto; funciones (FC) que consisten en bloques lógicos sin memoria y bloques de datos (DB) para almacenar datos del programa.

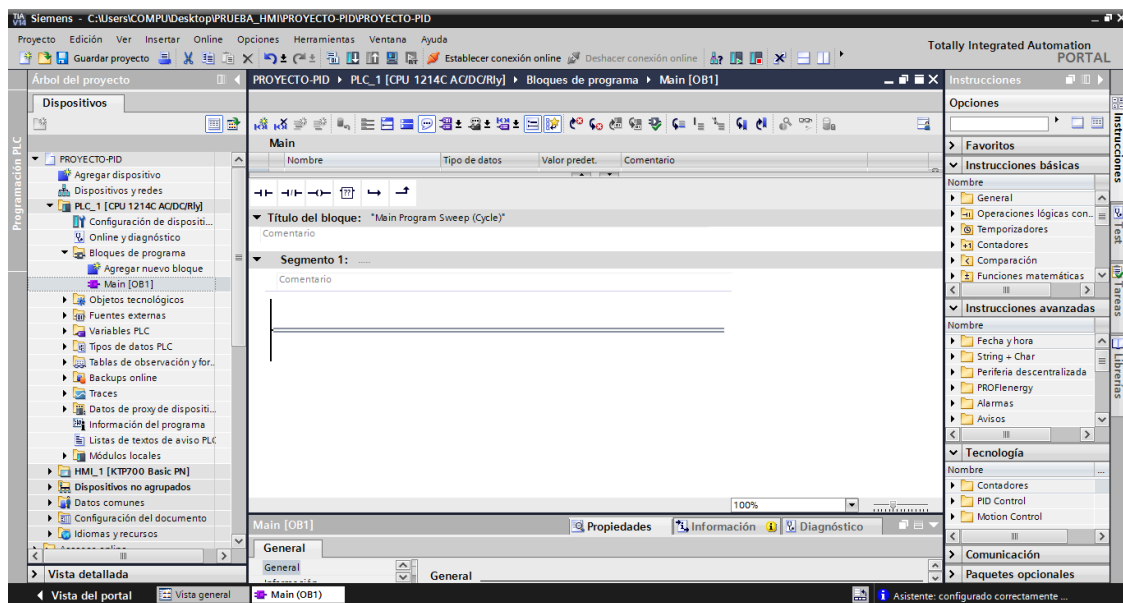


Figura 15. Vista del programa principal PLC (main).

Así mismo para que la programación sea de forma ordenada y tenga cierto nivel jerárquico se utilizará funciones dentro de las cuales se programaran cada una de las entradas y salidas del PLC.

Por lo tanto, dar un click en agregar nuevo bloque y se precede a seleccionar función como se puede observar en la Figura 16.



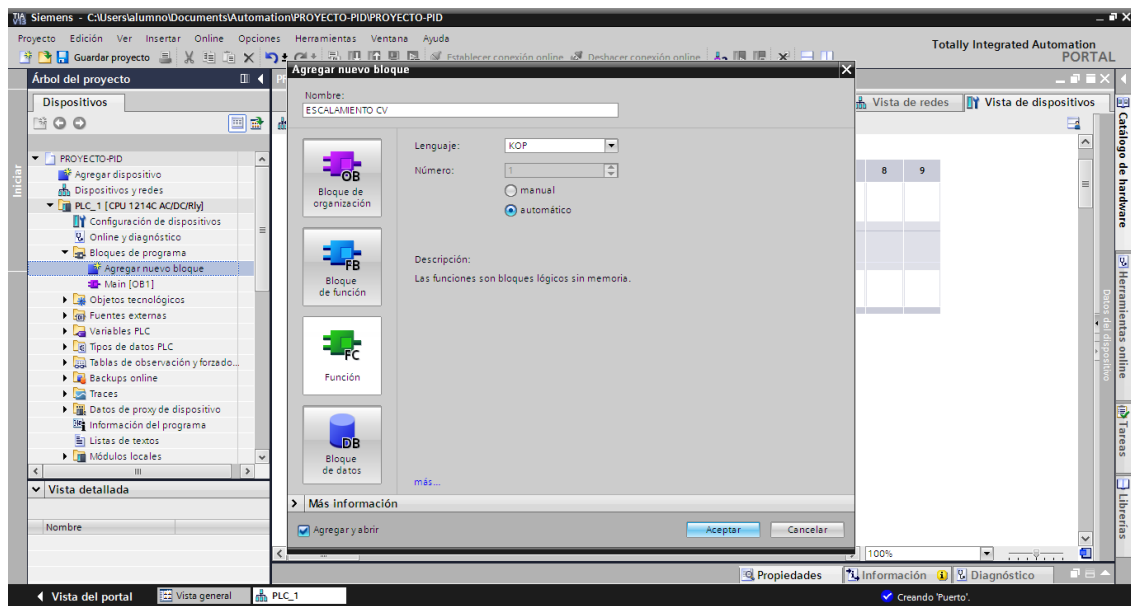


Figura 16. Agregar bloque de función.

Una vez seleccionado se tiene un nuevo bloque de función como se puede observar en la Figura 17, en donde se programa que entradas y que salidas se necesita, hay que tener en cuenta que las funciones deben ser llamadas en el bloque de organización principal.

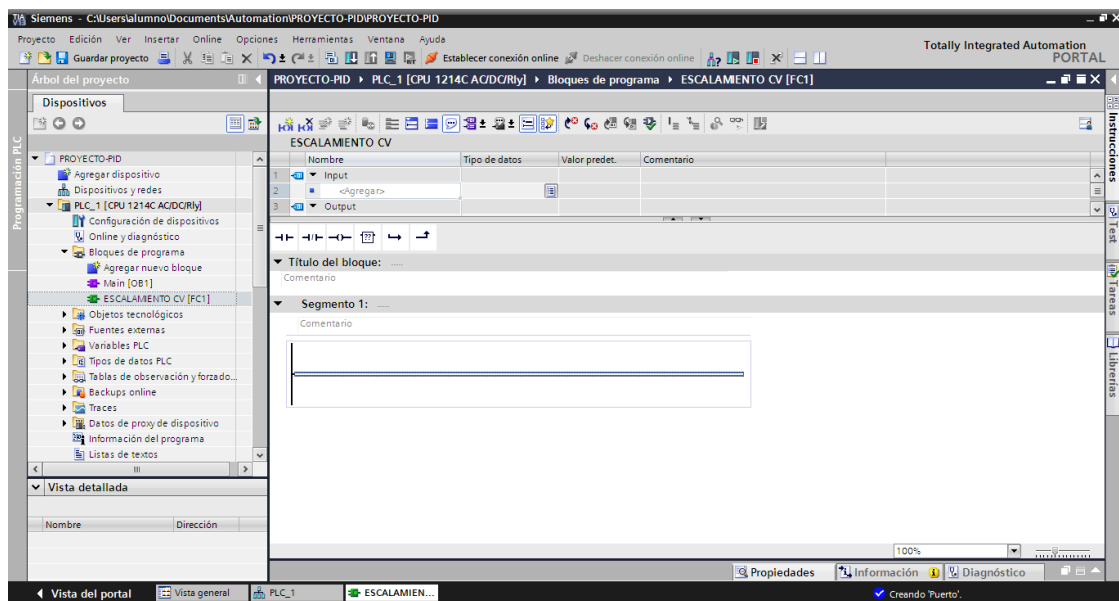


Figura 17. Vista de la función.

Se tiene que realizar tres bloques de funciones en para la aplicación, una para el escalado de la variable de control, otra para el escalado de la variable de proceso y una última para la velocidad del motor como se puede observar en la Figura 18.

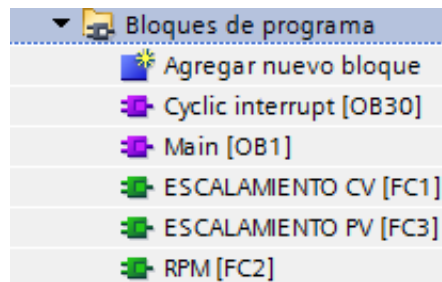


Figura 18. Bloques de funciones.

Una vez creadas todas las funciones se procede a configurar el contador rápido por medio del cual se obtendra la velocidad del motor DC.

Existen 6 contadores rápidos en el PLC, como se puede observar en la siguiente tabla.

HSC	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN PREDETERMINADA
HSC1	DInt	ID1000
HSC2	DInt	ID1004
HSC3	DInt	ID1008
HSC4	DInt	ID1012
HSC5	DInt	ID1016
HSC6	DInt	ID1020

Para la configuración del HSC1 se debe cliclear en las propiedades el PLC, en donde se despliega las mismas, dirigiéndonos hacia los contadores rápidos. En los contadores rápidos se selecciona HSC1 con el cual se va a trabajar, como se puede apreciar en la Figura 19. Además, se tienes que dar un click en activar este contador rápido para trabajar con él y tener la dirección determina por defecto que en nuestro caso es la ID1000.

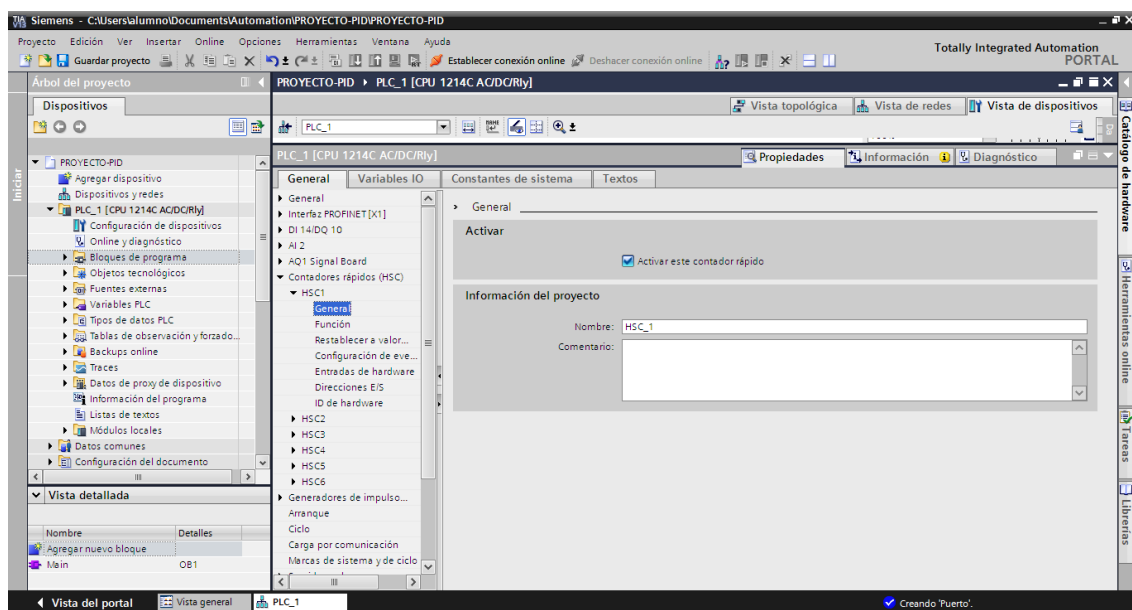


Figura 19. Activar contador rápido.

Por otro lado, se tienes que seleccionar el modo de conteje en frecuencia, y fase de servicio monofásica ya que se tiene un único pulso por rotación. Hay que añadir que se tiene que poner el período de medición de frecuencia en 1 segundo.

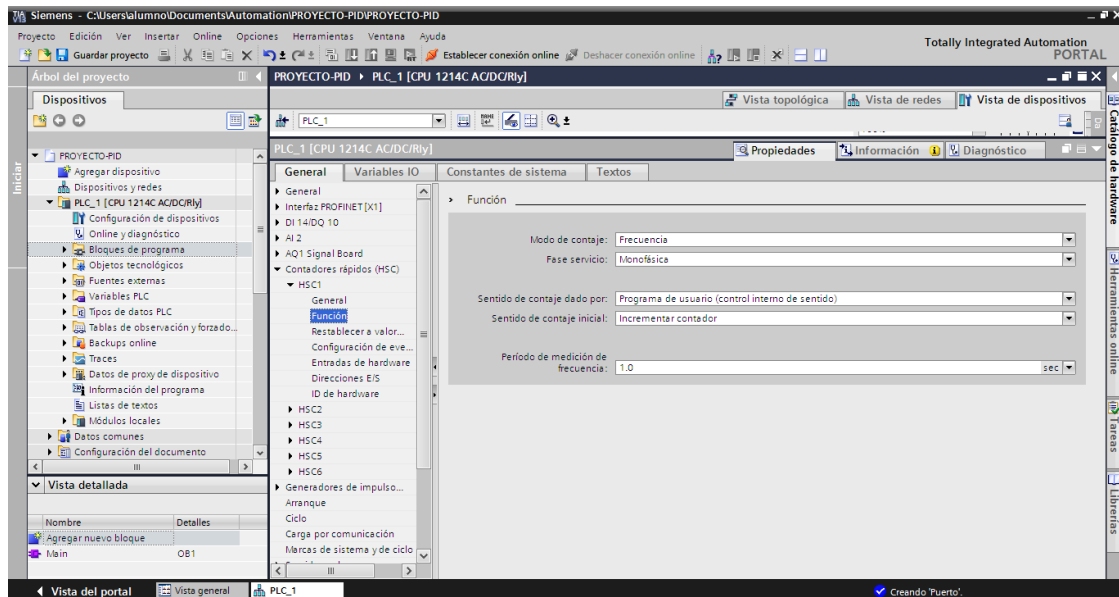


Figura 20. Configuración de los parámetros del HSC.

Seguidamente se debe seleccionar la entrada de hardware del PLC, la entrada %I1.0 cómo se puede observar en la Figura 21, se selecciona ésta entraba ya que las primeras 8 entradas están conectados a una botonera.

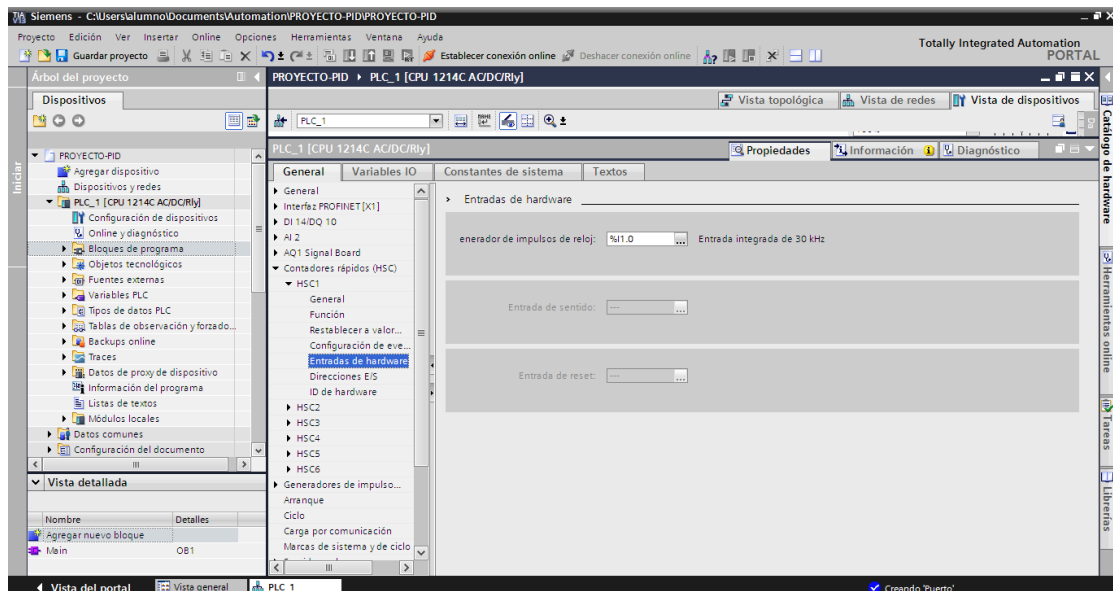


Figura 21. Configuración entrada de hardware del HSC.

Una vez configurado el contador rápido, se procede a cargar las funciones dentro de los bloques de programas.

En la Figura 22 se puede apreciar la programación de la función ESCALAMIENTO CV, la cual nos permite obtener el escalado de mi salida del PLC en este caso tensión, para tener información más clara sobre las salidas analógicas del PLC se presenta la siguiente tabla.

Datos Técnicos	SB 1232 AQ 1 x 12 bits
Número de Salidas	1
Tipo	Tensión e Intensidad
Rango	±10 V o 20 mA
Resolución	Tensión: 12 bits Intensidad: 11 bits
Rango total (palabra de datos)	Tensión: -27648 a 27648 Intensidad: de 0 a 27.648
Precisión (25°C / de -20 a 60°C)	±0.5% / ±1% de rango máximo
Tiempo de estabilización (95% del nuevo valor)	Tensión: 300 μs (R), 750 μs (1 μF) Intensidad: 600 μs (1 mH), 2ms (10 mH)
Impedancia de carga	Tensión: ≥ 1000 Ω Intensidad: ≤ 600 Ω
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)
Aislamiento (de campo a lógica)	Ninguno
Longitud de cable (metros)	100m, trenzado y apantallado

En éste caso se programa para una tensión de salida de 1,5 a 3,7 voltios, el cual es el rango de operación de mi diodo LED.

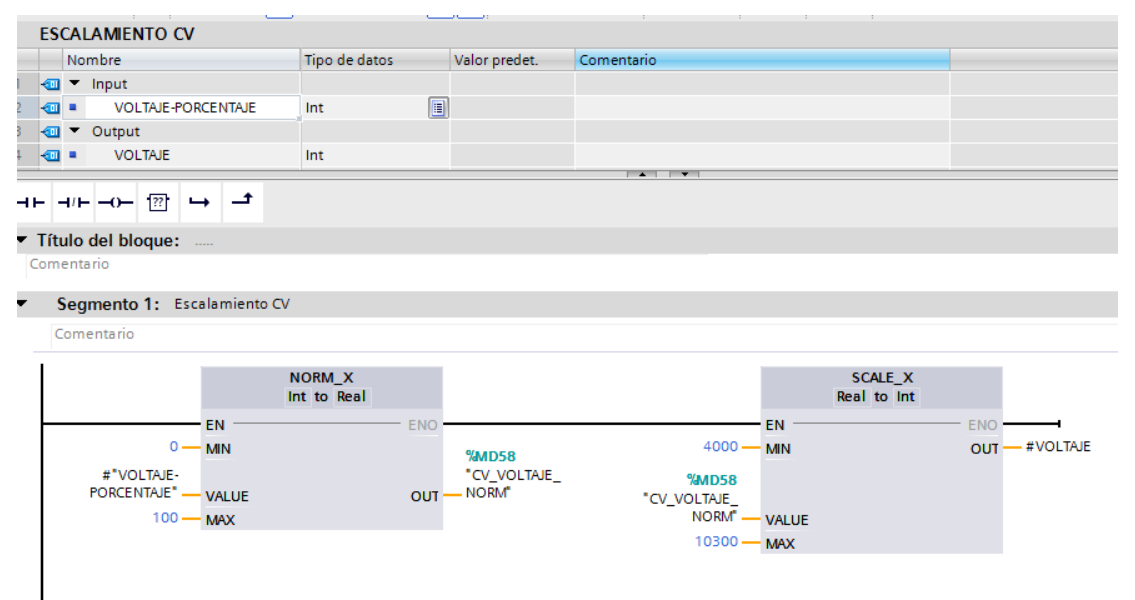


Figura 22. Programación función ESCALAMIENTO CV.

En la Figura 23 se observa la programación de la función RPM, la cual nos permite obtener las revoluciones por minuto de motor DC, en éste caso existe una operación aritmética, ésta realiza una multiplicación de la frecuencia obtenida en un segundo por 60 segundos, dándonos como resultado rpm.

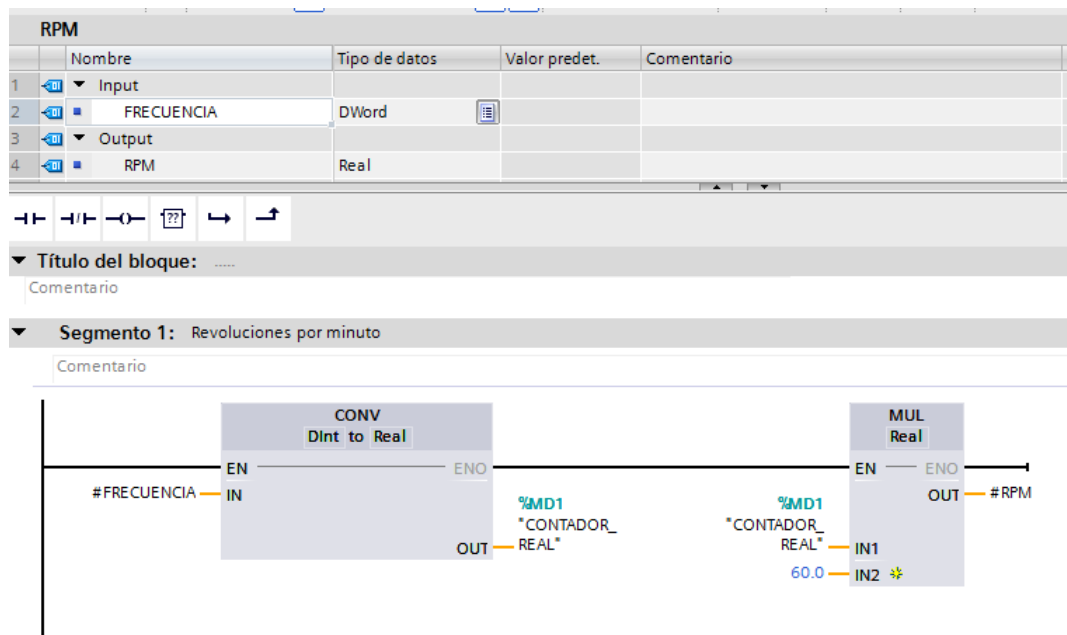


Figura 23. Programación función RPM.

En la Figura 24 se visualiza la programación de la función ESCALAMIENTO PV, en la cual nos permite tener el escalado de mi entrada de señal de entrada hacia el PLC, ésta esta escalada en su rango de operación.

En la programación de esta función hay que tener en cuenta que se debe invertir el proceso ya que si no se invierte será un control PID indirecto, para lo cual se coloca un SUB, éste es un operador aritmético el cual resta la salida normalizada entre 0.0 y 1.0 de 1, al realizar dicha operación ya me invierte y se procede a escalar.

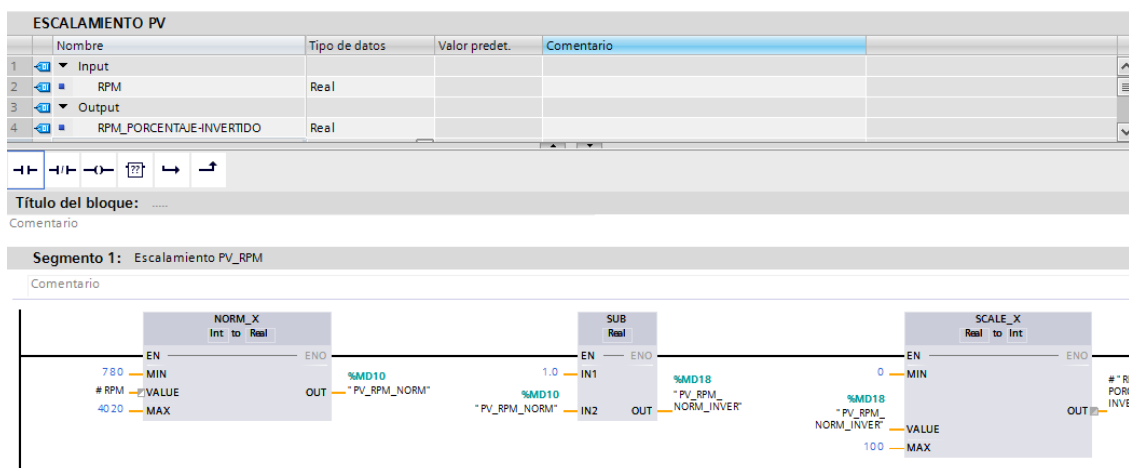


Figura 24. Programación función ESCALAMIENTO PV.

Teniendo las funciones de mis señales de entrada y salida se procede a arrastrar las funciones hacia el main principal, ayudándonos a tener una programación en orden y jerarquizada.

En la Figura 25 se puede observar algunas de las funciones colocadas en el Main principal.

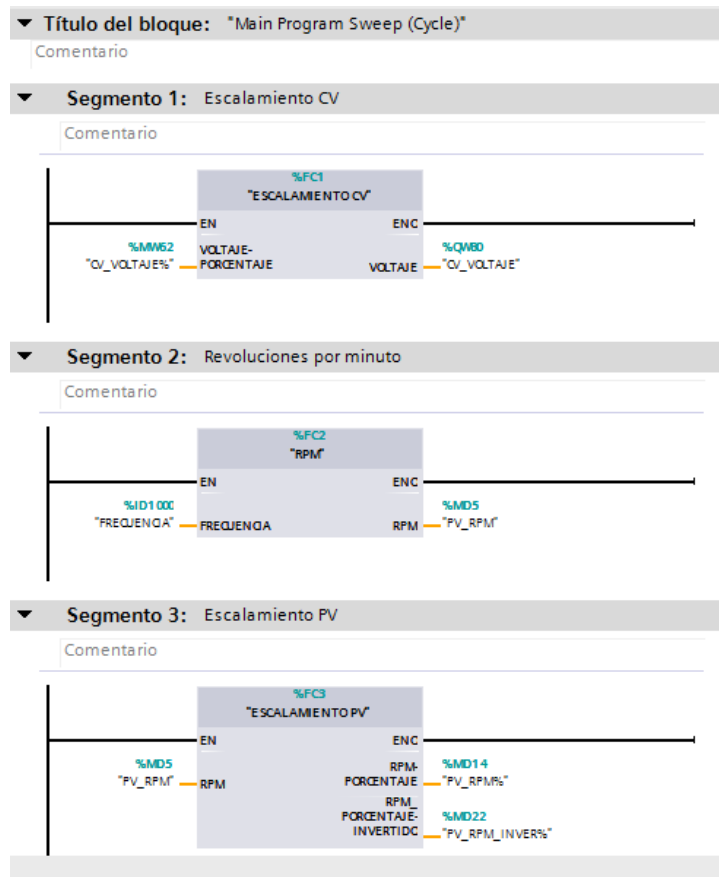


Figura 25. Programación Main principal.

Dentro del proyecto se utiliza un bloque de organización (OB30) alarma cíclica donde se coloca el PID\_Compact.

Por lo tanto, para colocar ésta alarma cíclica, se da un click en agregar nuevo bloque y se procede a seleccionar alarma cíclica como se puede observar en la Figura 26.

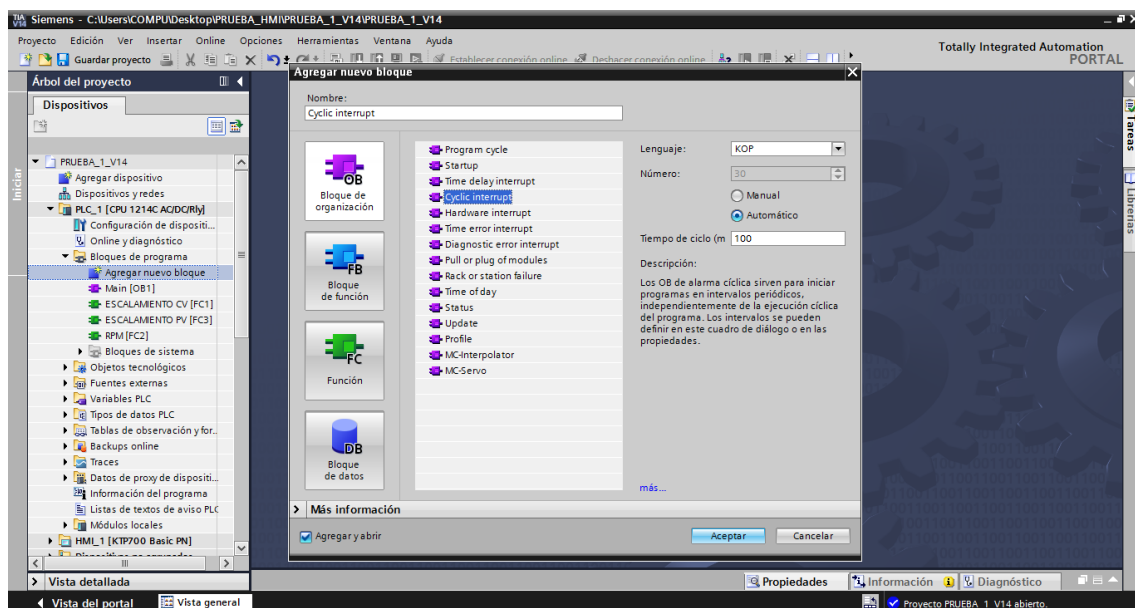


Figura 26. Agregar bloque de alarma cíclica.

Una vez seleccionado se tiene un nuevo bloque de organización como se aprecia en la Figura 26, donde se ejecutará el controlador PID.

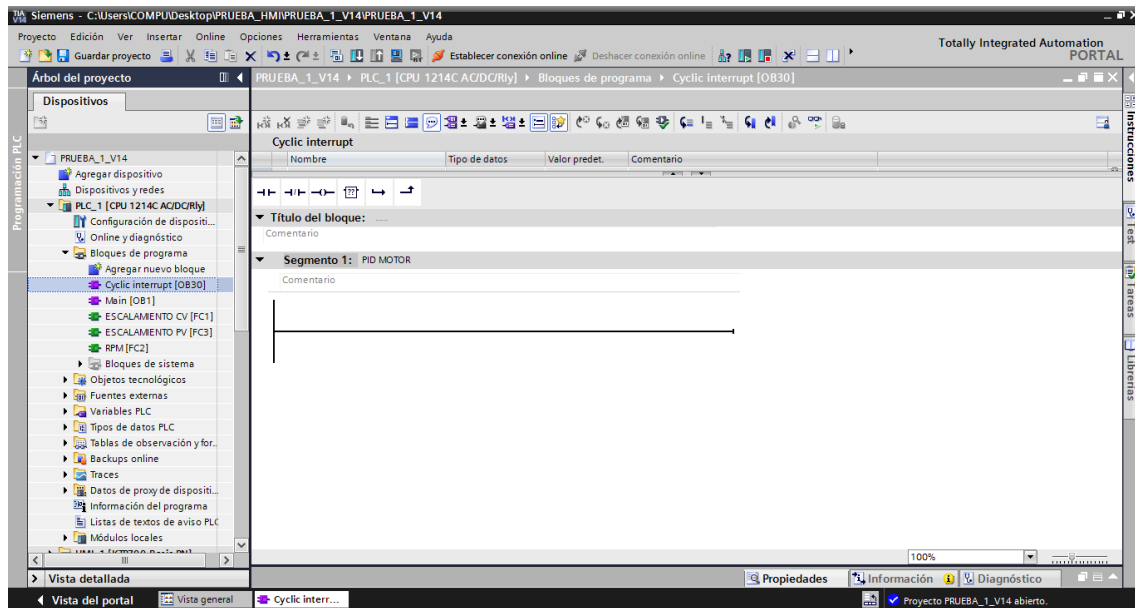


Figura 27. Vista de la alarma cíclica donde se ejecutará en controlador PID.

Para configurar el controlador PID, se debe insertar el PID\_Compact en la alarma cíclica como se puede observar en la Figura 28. Existen dos maneras de configurar el PID una es dando click derecho en la instrucción y seleccionando propiedades, y la otra es dando click en la instrucción en la esquina superior derecha. Se puede apreciar que existen dos dibujos los cuales uno abre la configuración y el otro la ventana para poner en servicio el PID, en esta última es donde se realiza la autosintonización.

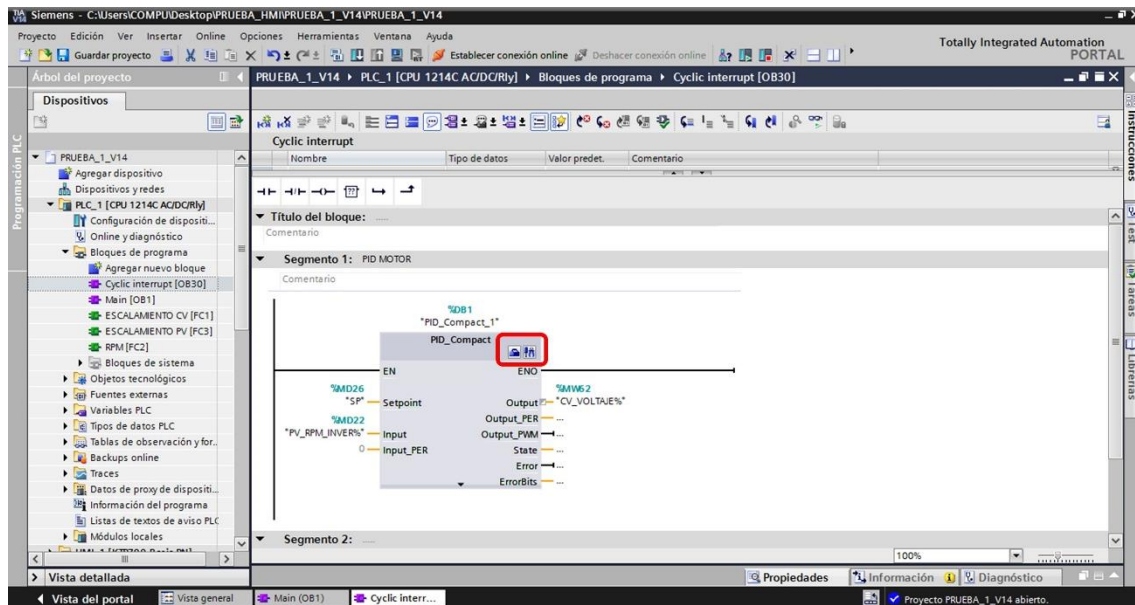


Figura 28. PID\_Compact en una alarma cíclica.

En el presente proyecto se aparta el tipo de regulación general como se puede observar en la Figura 29, en donde se maneja porcentajes, hay que destacar que existen distintos tipos de regulación como temperatura, caudal, presión, longitud, etc.

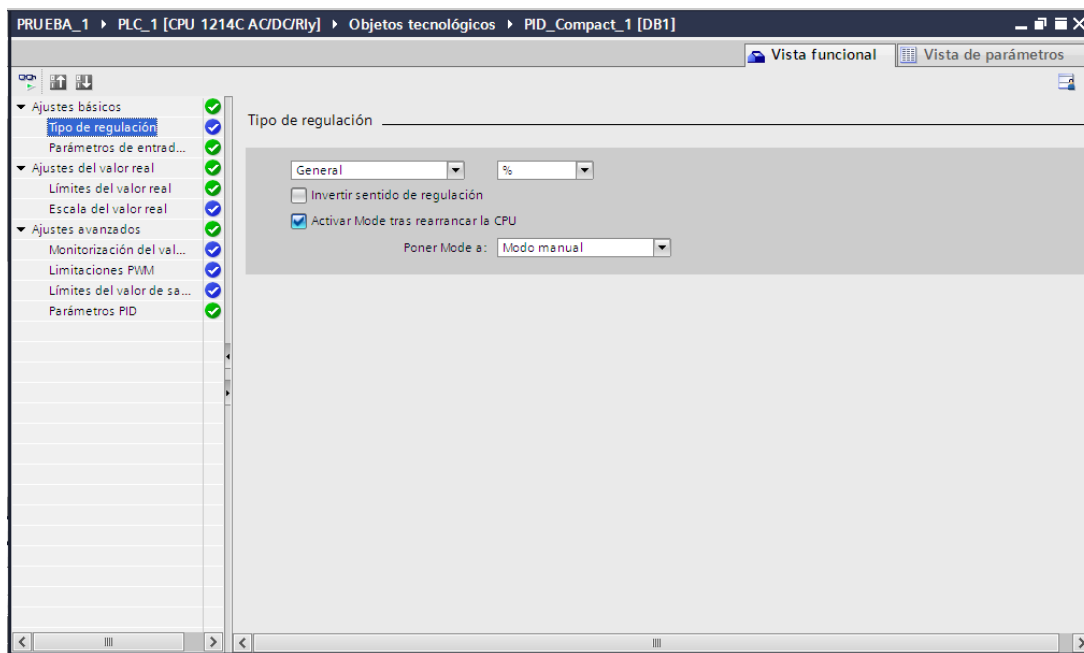


Figura 29. Tipo de regulación del PID\_Compact.

Por otro lado, para configurar los parámetros que van a intervenir en el PID\_Compact, hay que tener claro que en nuestro caso se tiene un tipo de regulación general para lo cual, al momento de configurar la entrada y salida, se tiene que seleccionar INPUT Y OUTPUT respectivamente y añadir la variable escalada y normalizada como se puede visualizar en la Figura 30. El setpoint en este proyecto no es normalizado ni escalado debido a que es asignado por el programador.

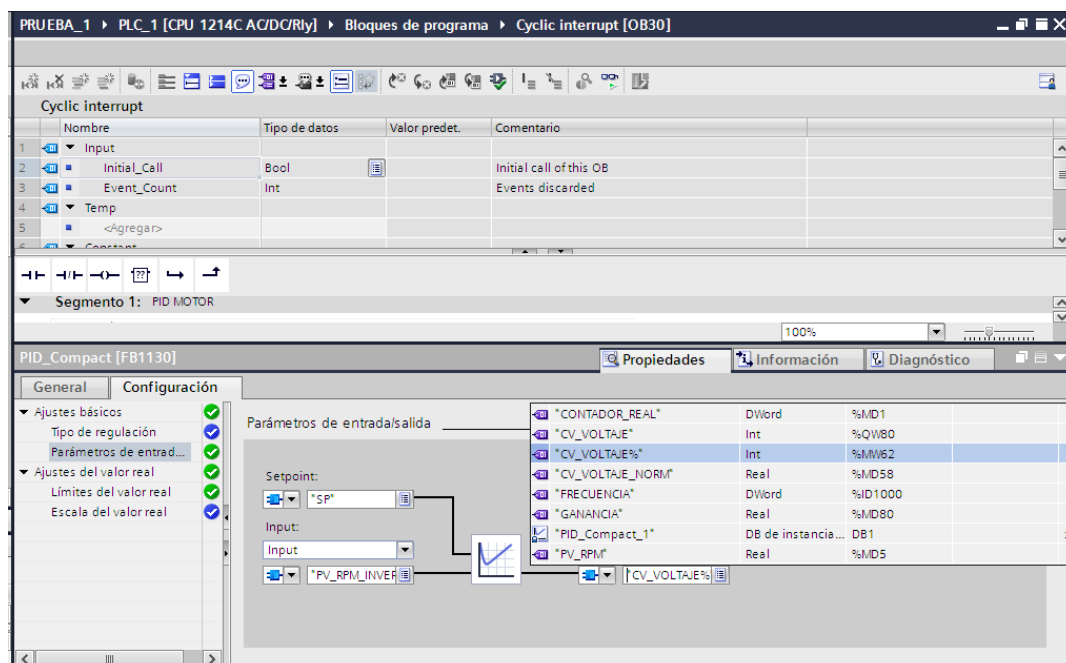


Figura 30. Configuración de los parámetros entrada y salida del PID\_Compact.

De igual manera se tiene que ajustar los límites del valor real, en nuestro caso se ajusta el límite inferior en 0% y el límite superior en 100% como se puede observar en la Figura 31, esto se verá reflejado en la gráfica al momento de sintonizar.



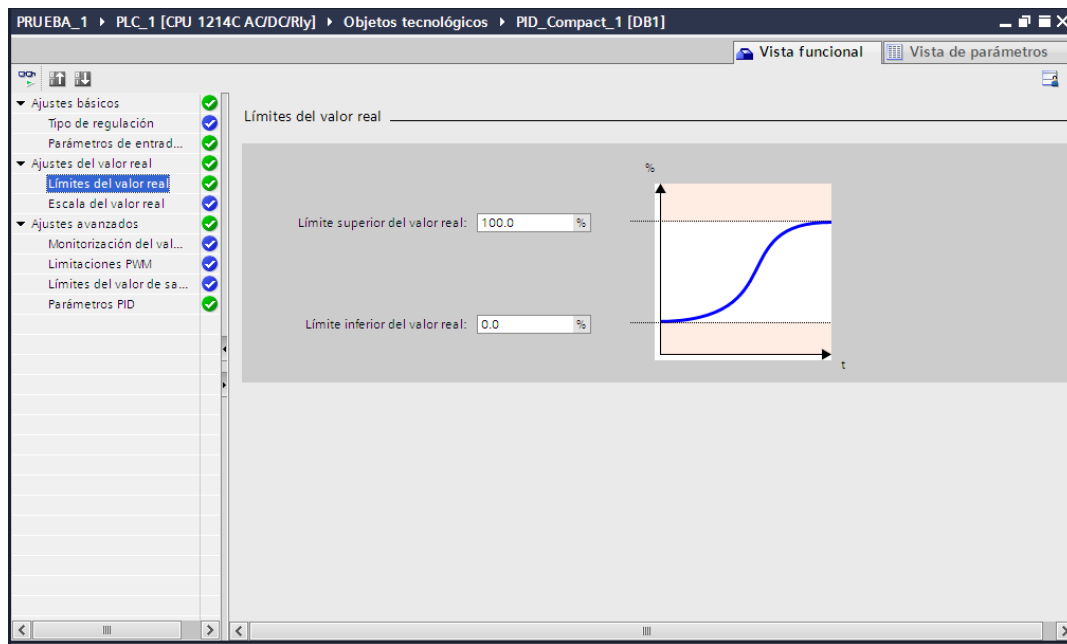


Figura 31. Configuración de los límites del valor real del PID\_Compact.

Una vez configurado el PID se procede a crear una pantalla HMI para visualizar las variables del mismo.

Se agrega otro dispositivo que en este caso es una pantalla SIMATIC HMI como se puede observar en la Figura 32. Por consiguiente y buscando el modelo de la pantalla que es éste caso es una pantalla de 7 pulgadas 6AV2 123-2GB03-0AX0, tal y como se puede apreciar en la Figura 33.

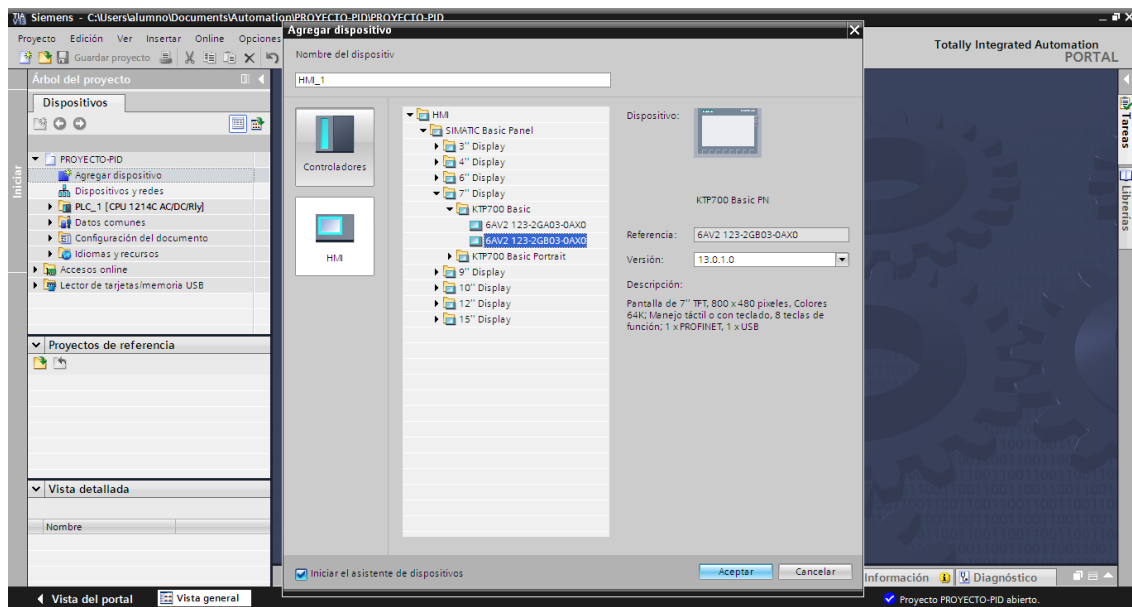


Figura 32. Agregar dispositivo HMI.

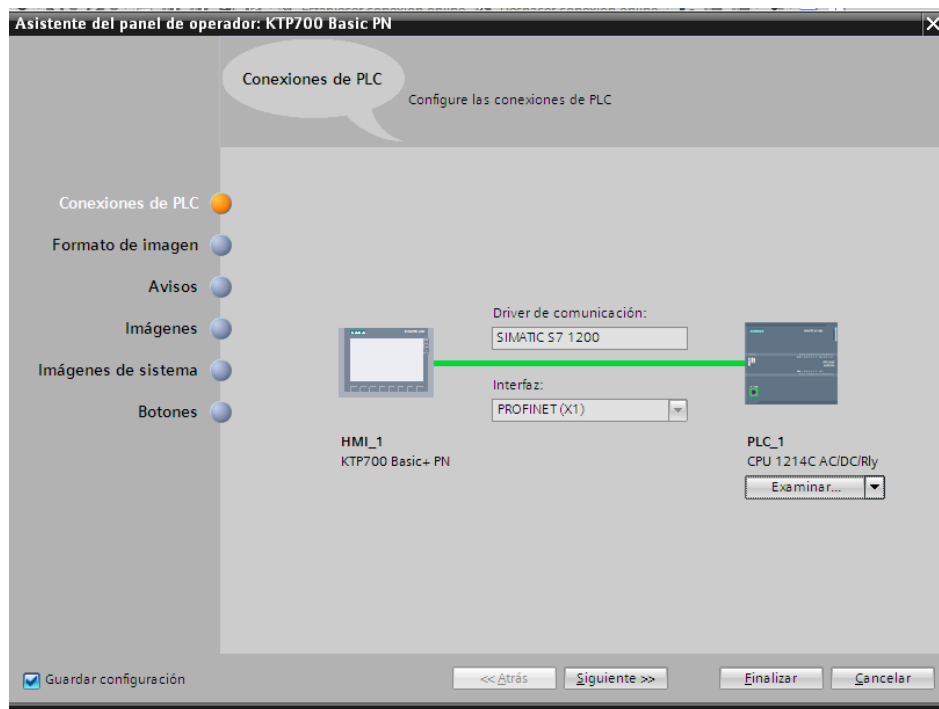


Figura 33. Conexión de la SIMATIC HMI con el PLC.

Una vez realizado todos los pasos dependiendo del tipo de configuración que se desea, se tiene la vista observada en la Figura 34, pudiendo modificar imágenes, plantillas, variables, etc.

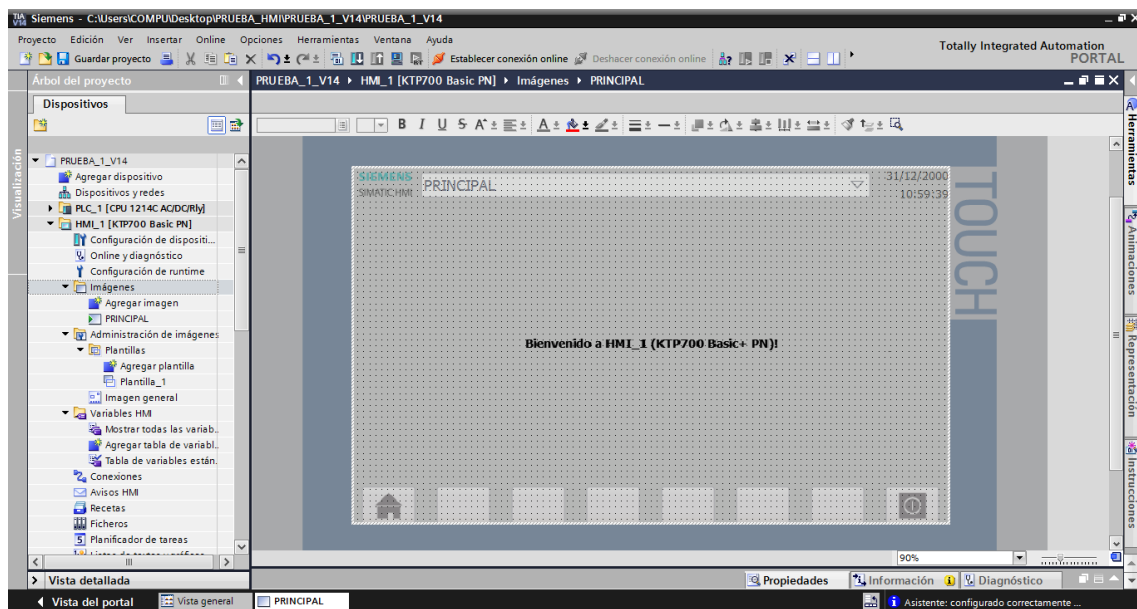


Figura 34. Vista previa de la HMI.

Tras finalizar lo anterior, en el apartado de dispositivos y redes se pueden consultar las distintas conexiones que hay en vista de redes. En la Figura 35 se puede observar que se unen mediante una conexión PN/IE, cada una con sus diferentes direcciones IP. Esto va a permitir que, a la hora de programar la pantalla, se pueda establecer una conexión entre las variables de la pantalla y las del PLC.

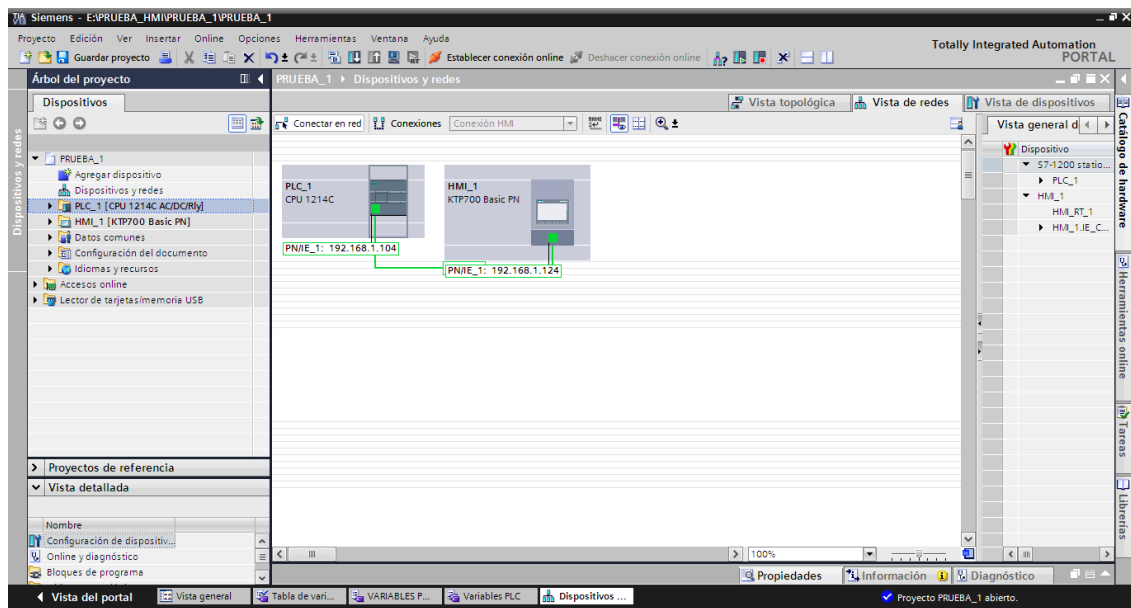


Figura 35. Dispositivos, redes y direcciones IP.

La programación de una pantalla SIMATIC HMI es totalmente distinta, dado que no se emplea un lenguaje como tal. Primeramente, es fundamental crear una plantilla al gusto, o bien usar la que ya viene creada.

Esto permite que a medida que se vayan añadiendo pantallas, inicialmente todas sean iguales. Para acceder a las plantillas solamente hay que abrir la carpeta de administración de imágenes y en su interior se encuentran las plantillas

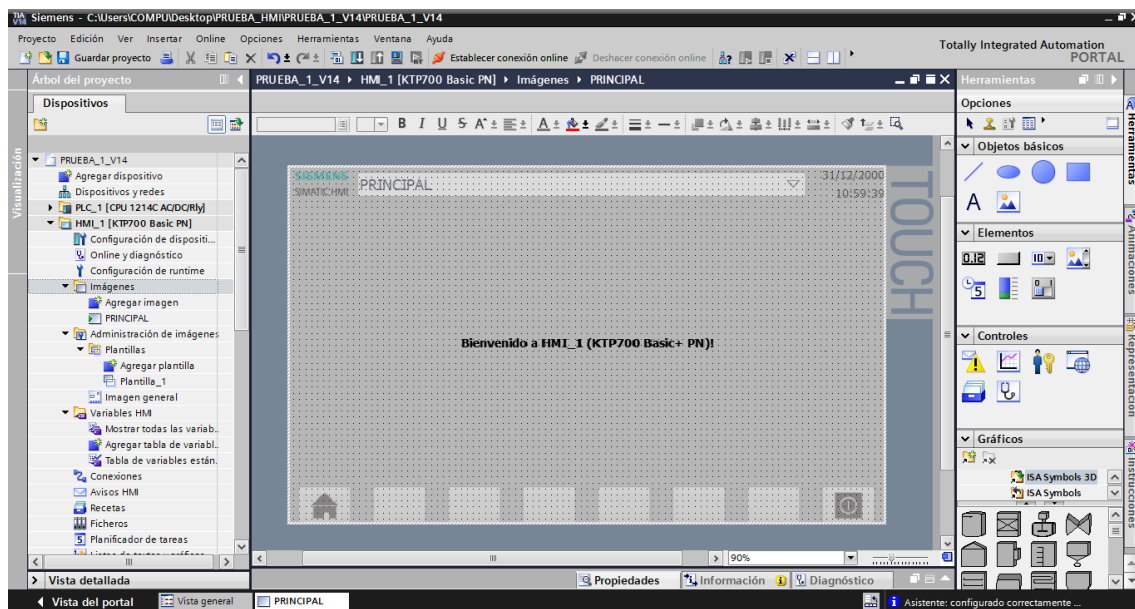


Figura 36. Herramientas pantalla HMI.

En la barra de herramientas situada en el lateral derecho, véase la figura 36, resultan interesantes: herramientas, que dispone de los objetos, elementos y controles que se pueden introducir en la pantalla; animaciones, que permiten variar los elementos u objetos; representación, permite ver de forma esquemática lo que contiene la pantalla; y gráficos, que permite realizar diagramas en las pantallas.

Para establecer una conexión entre la pantalla y el PLC, debe existir una conexión entre los dispositivos. Si a la hora de agregar la pantalla no se estableció esta conexión, ésta debe hacerse de forma manual al igual que cuando se conectaron dos autómatas, véase la Figura 35.

Si la conexión ya está establecida, cuando se cree una variable en la pantalla tiene que dar la opción de crear un acceso a una del autómatas. Este acceso puede ser simbólico o absoluto. Si se trata de una simbólico, la pantalla no podrá modificar la variable, de forma absoluta sí puede.

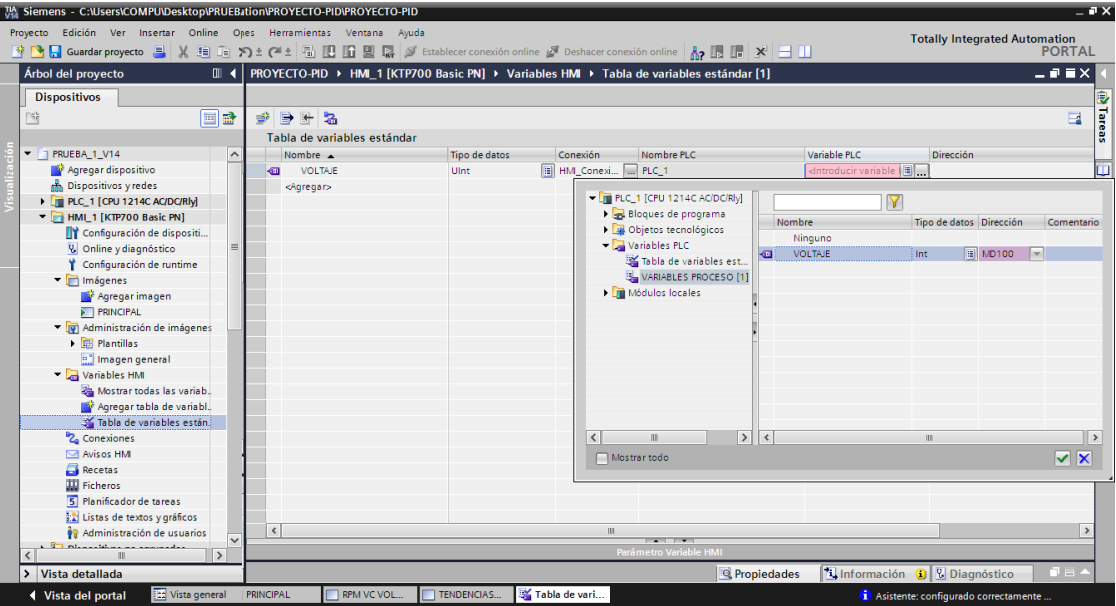


Figura 37. Conexión de variables PLC-HMI

Como se puede observar en la figura 37, se elige el PLC al que se desea acceder para seleccionar la variable que desea tener el HMI. Es importante tener en cuenta el ciclo de adquisición, dado que vamos a monitorear un proceso real, para lo cual se selecciona 100 ms.

La siguiente hoja es una pantalla principal, la cual visualizará las tendencias en un visor de curvas, además se tiene el setpoint como dato de entrada como se puede observar en la Figura 38.

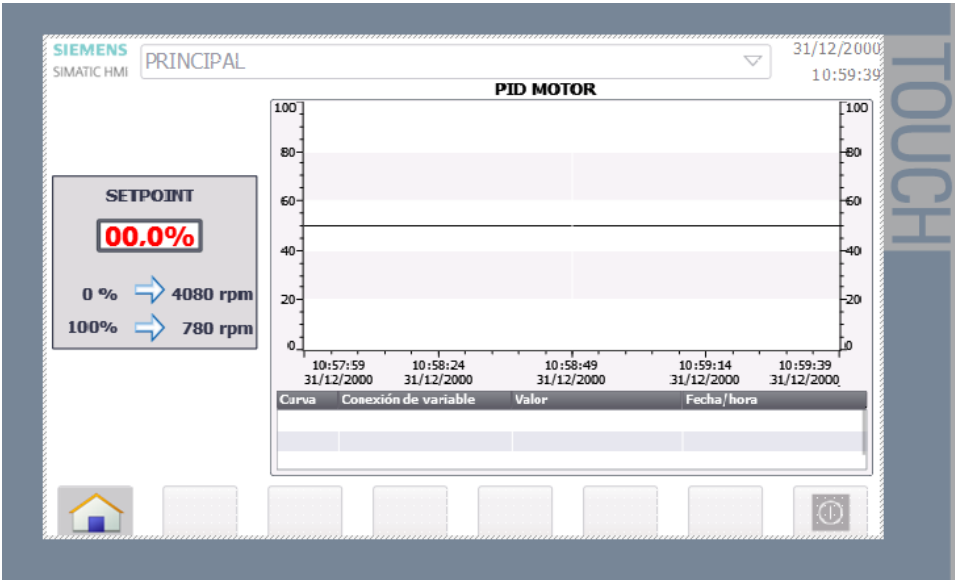


Figura 38. Pantalla secundaria HMI.

Para introducir las diferentes señales del PID\_Compact, se tiene que dar un click en las propiedades del visor de curvas, para después proceder a configurar las variables que se desea indicar como se puede observar en la Figura 40. Para configurar el setpoint es de la misma manera, se tiene que asignar la variable de interés. Hay que tener en cuenta que las variables que se desea utilizar en el HMI, se tiene que colocar manualmente como se indica en la Figura 37.

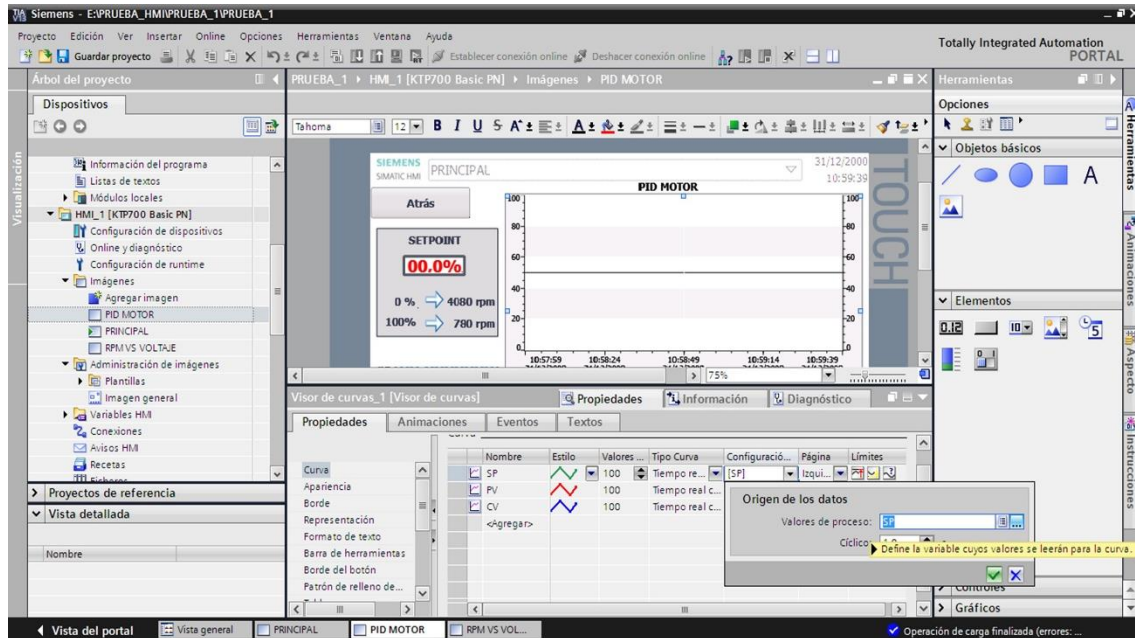


Figura 39. Configuración de variables en el visor de curvas del HMI.

## GUÍA DE PRÁCTICA DE FORMACIÓN 3

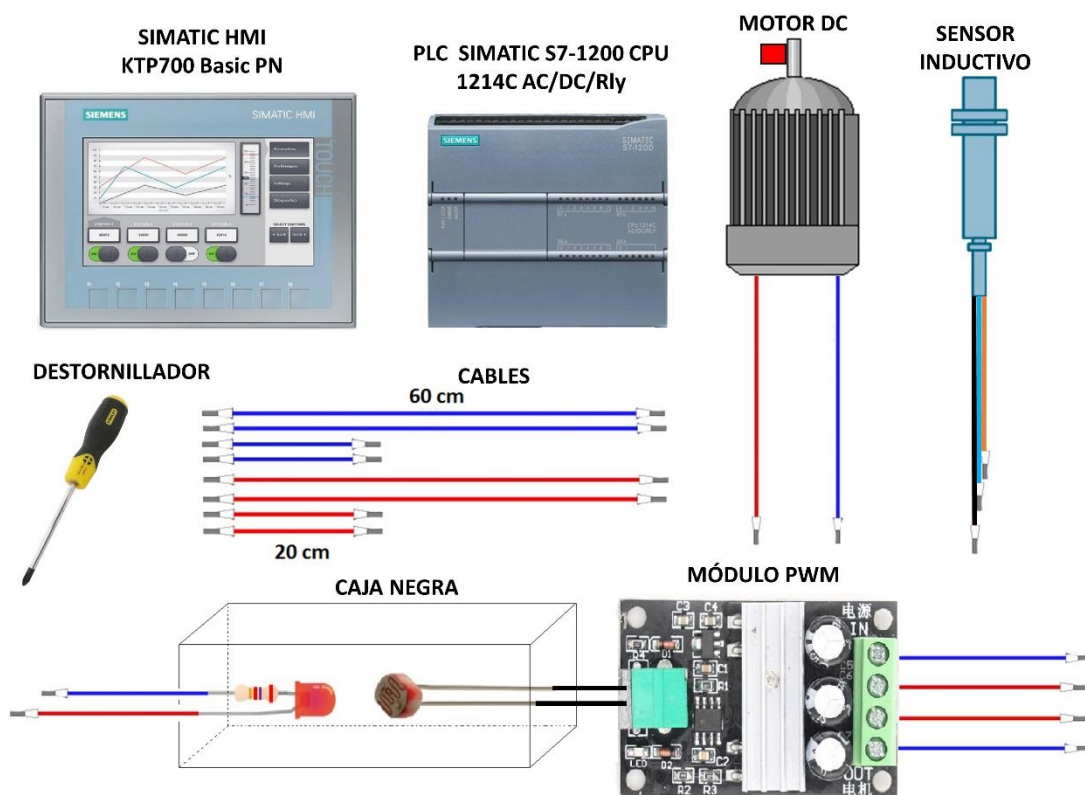
### Controladores PID Integrados en PLC

**Tema:** Control de velocidad de un motor DC visualizado en una pantalla de operador.

#### Objetivos de la Práctica

- Configuración y conexionado de Salida Analógica.
- Configuración y conexionado de entradas rápidas (sensor inductivo).
- Configuración PID.
- Sintonización PID.
- Configuración HMI.
- Visualización PID en pantalla HMI.

#### Materiales



#### Especificaciones del funcionamiento

Primeramente, es necesario tener claro ciertos conceptos, por tal motivo a continuación se presenta una tabla con los conceptos más importantes a tener en cuenta en el control del sistema:

Variables	Definición
Variable de proceso (PV)	La variable de proceso es aquella que puede cambiar las condiciones del proceso.
Variable de control (CV)	Controla la salida del sistema
Setpoint	El setpoint es el valor el cual se desea mantener la variable de proceso.

La aplicación consiste en realizar un control de velocidad de un motor DC implementando la instrucción PID\_Compact. El sistema cuenta con un sensor inductivo y su lectura se interpretará en revoluciones por minuto, el sensor detectará cada vez que gira el motor por medio de un contacto metálico como se puede observar en la Figura 1

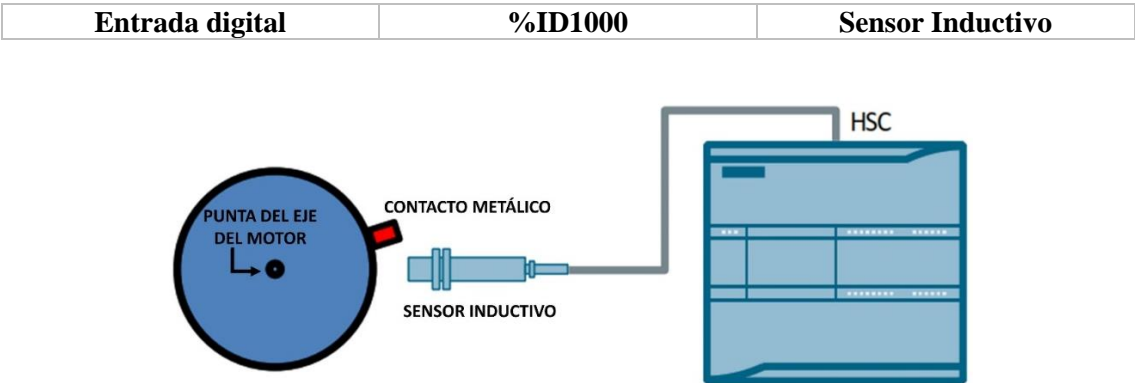


Figura 1. Medición de velocidad en caso de un pulso por rotación.

La salida analógica se conectará un diodo LED, cuya luminosidad permite variar la resistencia de la LTD, permitiendo al módulo PWM controlar la velocidad del motor DC.

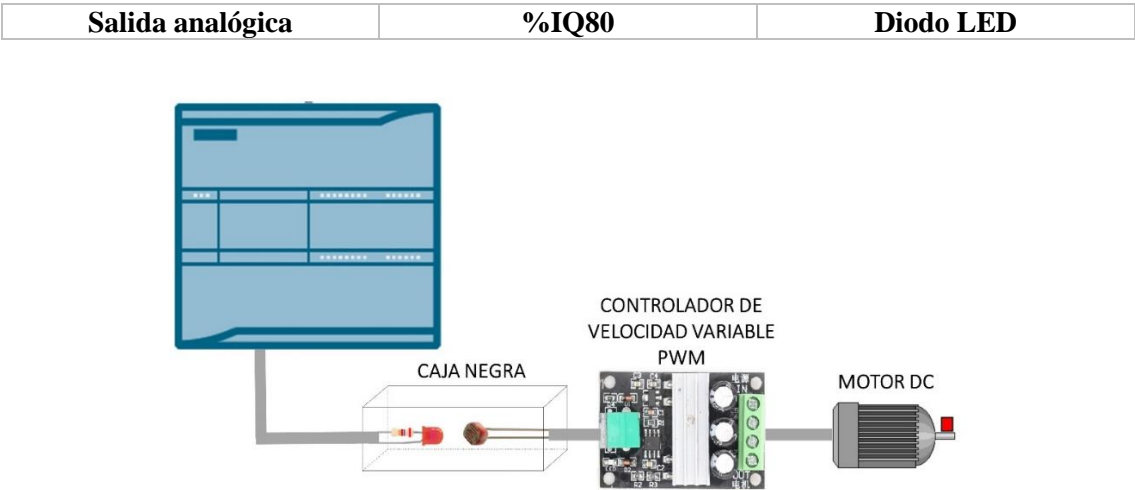


Figura 2. Salida analógica.

Listado de variables

Antes de empezar la programación usted deberá definir las variables a utilizar en el programa, por lo tanto, es necesario la creación de las siguientes variables:

NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN
FRECUENCIA	DWord	%ID1000
PV_RPM	Real	Asignada por el estudiante
PV_RPM_NORM	Real	Asignada por el estudiante
PV_RPM%	Real	Asignada por el estudiante
CV_VOLTAJE	Int	%QW80
CV_VOLTAJE_NORM	Real	Asignada por el estudiante
CV_VOLTAJE%	Int	Asignada por el estudiante
SP	Real	%MD26



<b>Ganancia</b>	Real	Asignada por el estudiante
<b>Ti</b>	Real	Asignada por el estudiante
<b>Td</b>	Real	Asignada por el estudiante

**Diagramas de flujo**

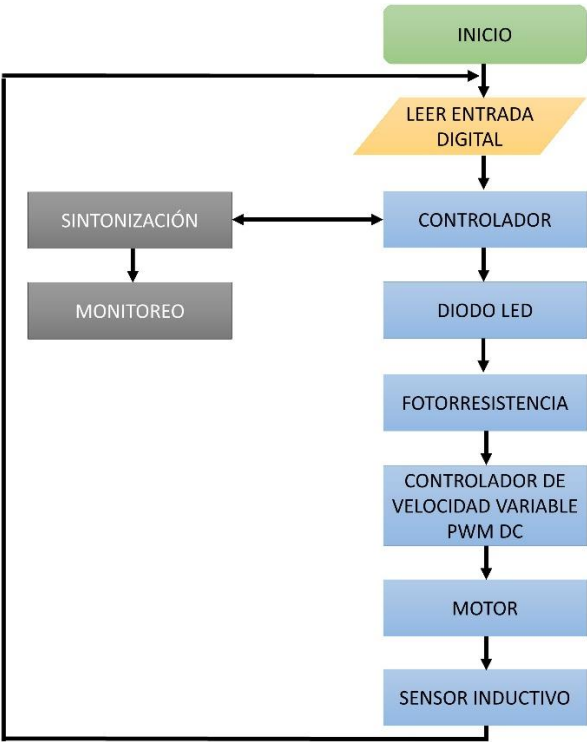


Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de velocidad.

**Plano base para realizar el conexionado del motor el lazo cerrado**

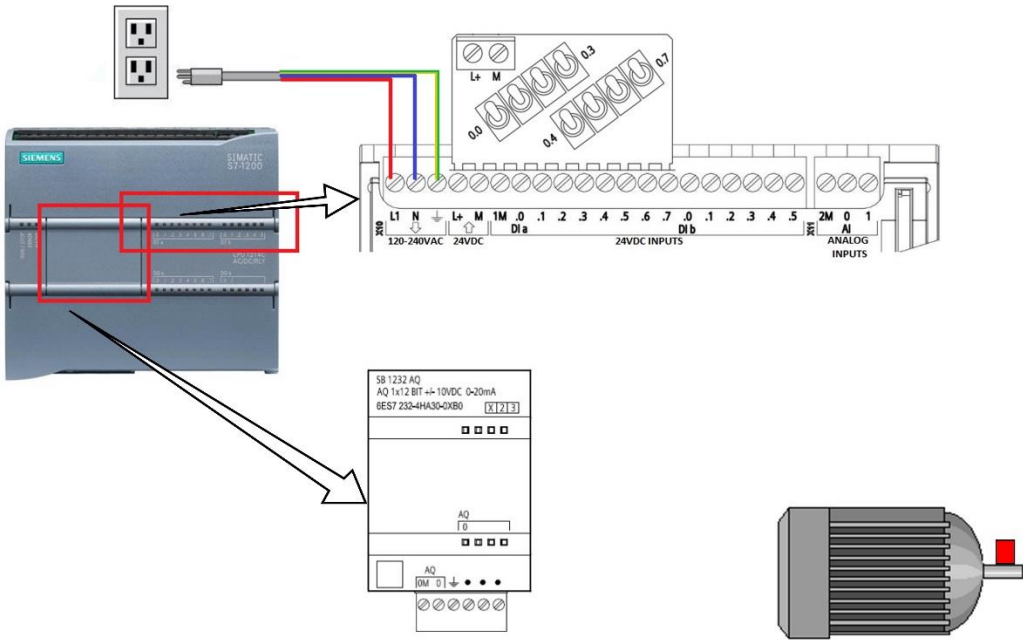


Figura 4. Plano base.



## Aplicación

Se trabajará con TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) de SIEMENS en su versión 13 o 14 como se puede observar en la Figura 5.

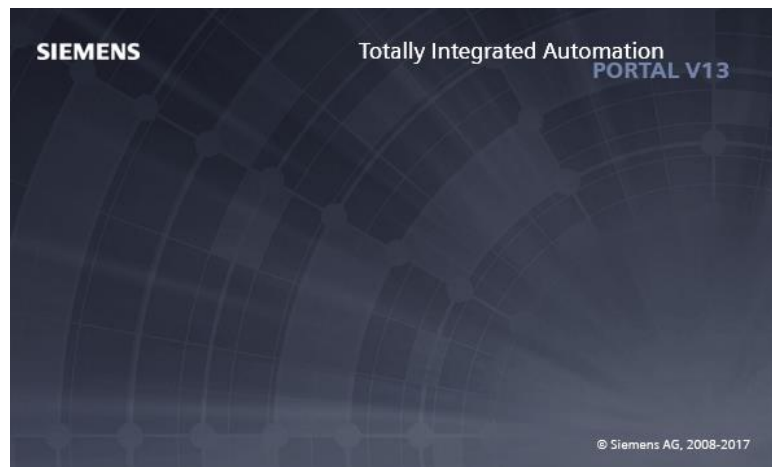


Figura 5. Tia Portal.

Cuando se abre por primera vez el programa Tia Portal, se encuentra una pantalla tal y como se muestra en la Figura 6. Esta nos da la opción a crear un nuevo proyecto, abrir uno ya creado anteriormente o migrar un proyecto.

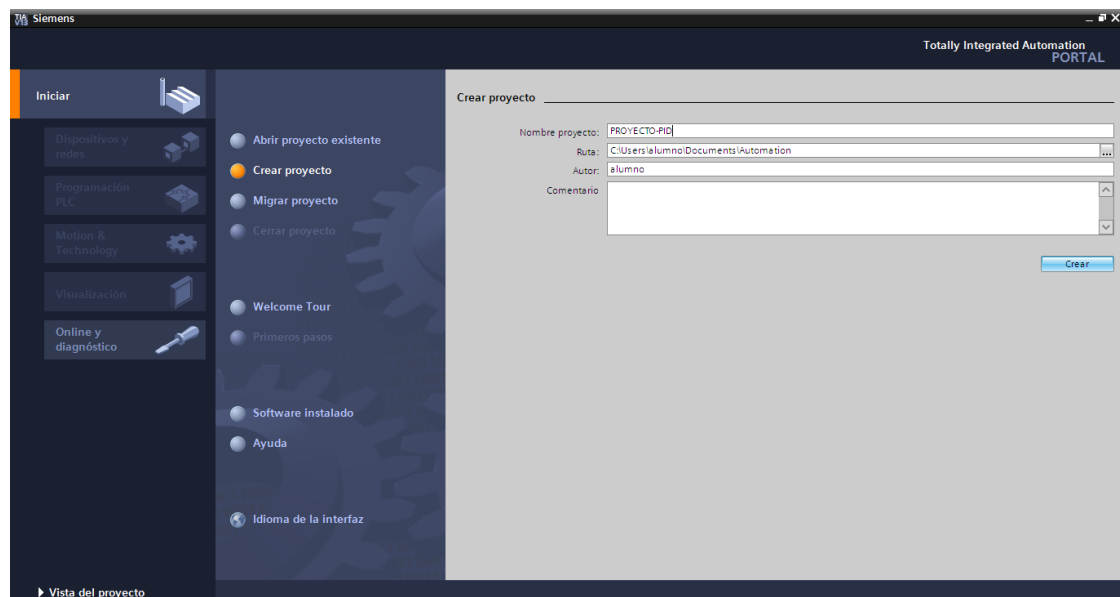


Figura 6. Imagen inicial Tia Portal.

La opción Welcome Tour redirige a la página de Siemens donde hay información y vídeos sobre el uso del programa. También en esta primera pantalla se puede ver la versión instalada del programa, mostrar la ayuda al usuario y cambiar el idioma de la interfaz.

Se debe crear un nuevo proyecto, la pantalla que sale es la Figura 7. Aunque todas las opciones que dan también son accesibles dando a la vista previa del proyecto, la cual se corresponde con la figura 8.

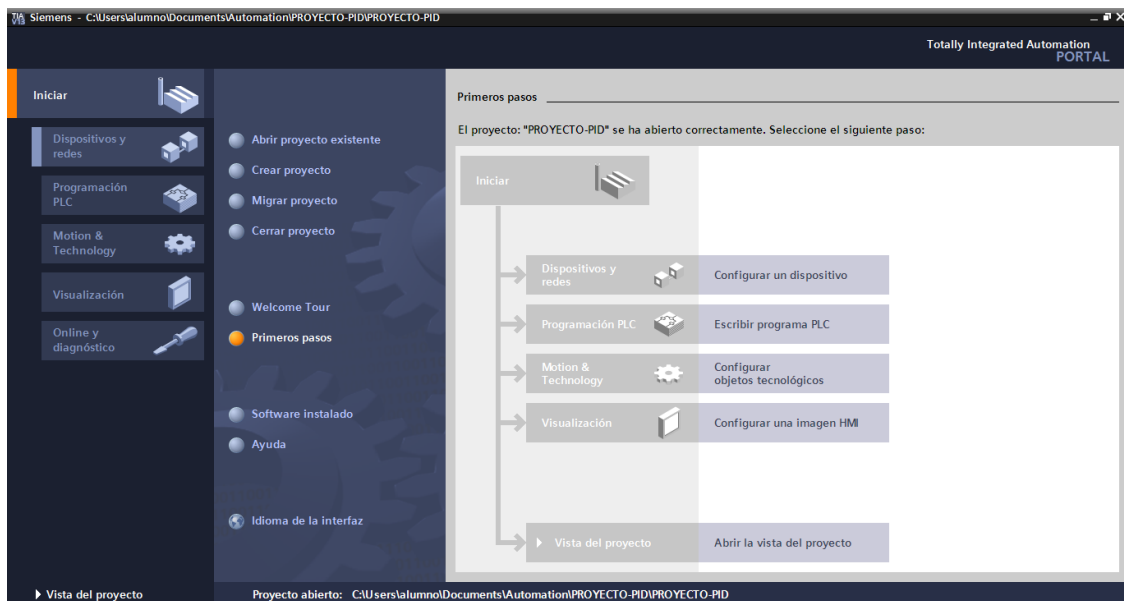


Figura 7. Vista del portal de Tia Portal.

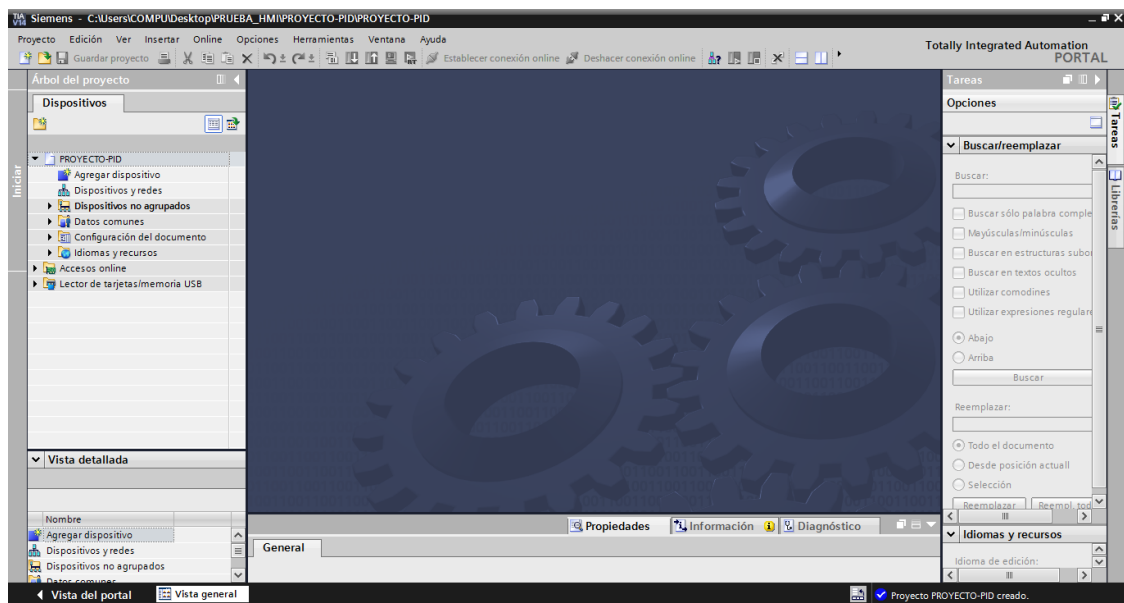


Figura 8. Vista del proyecto Tia Portal.

Como se puede apreciar, una vez dentro del proyecto, es posible añadir diferentes dispositivos y crear redes entre ellos. Primeramente, se agrega el PLC, que es el componente principal en dicho proyecto.

Para agregar el PLC, se debe dar un click en agregar dispositivo. Aparecerá una pantalla como en la Figura 9. Para añadir el PLC se tiene dos opciones se puede añadir directamente si se tiene el modelo exacto o se puede no especificar y usar la determinación del propio programa reconociendo directamente el dispositivo que se encuentra conectado. En el caso de este proyecto, se va a realizar sin especificar ya que permite de alguna manera ser de gran ayuda si no se conoce con que PLC se está trabajando, además de reconocer el Signal Board que contiene los PLCs del laboratorio de control.

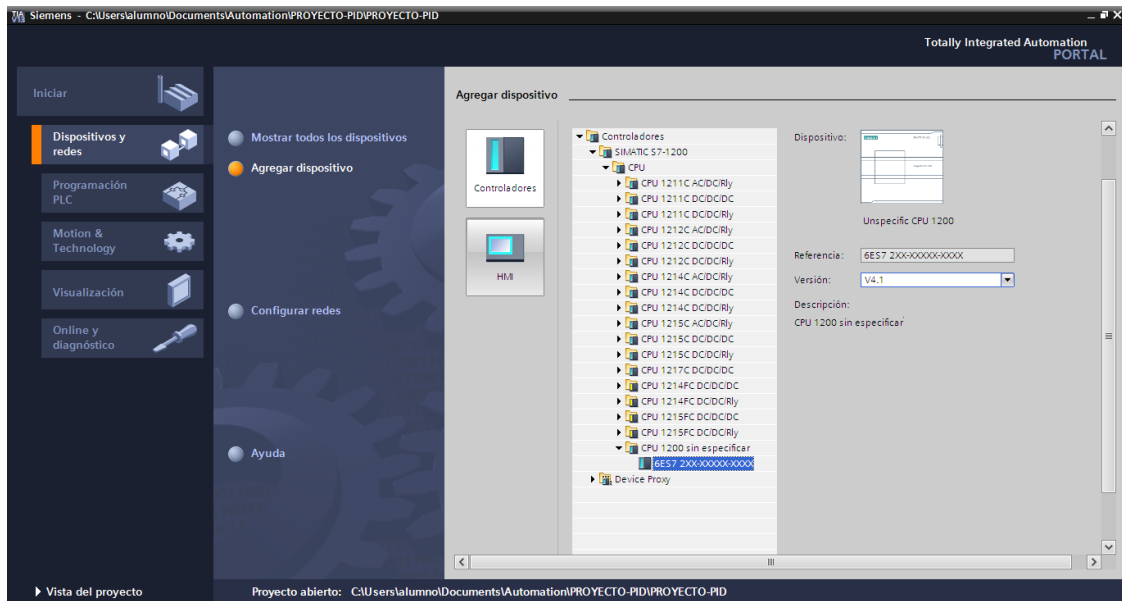


Figura 9. Agregar PLC.

Una vez agregado, la vista se observa en la Figura 10. En dicha vista se puede apreciar el PLC sin especificar, por consiguiente, se procede a dar un click en determinar, reconociendo directamente el PLC que se está utilizando, una forma de visualizar si se reconoció correctamente el PLC es activar la opción de parpadear como puede verse en la Figura 11.

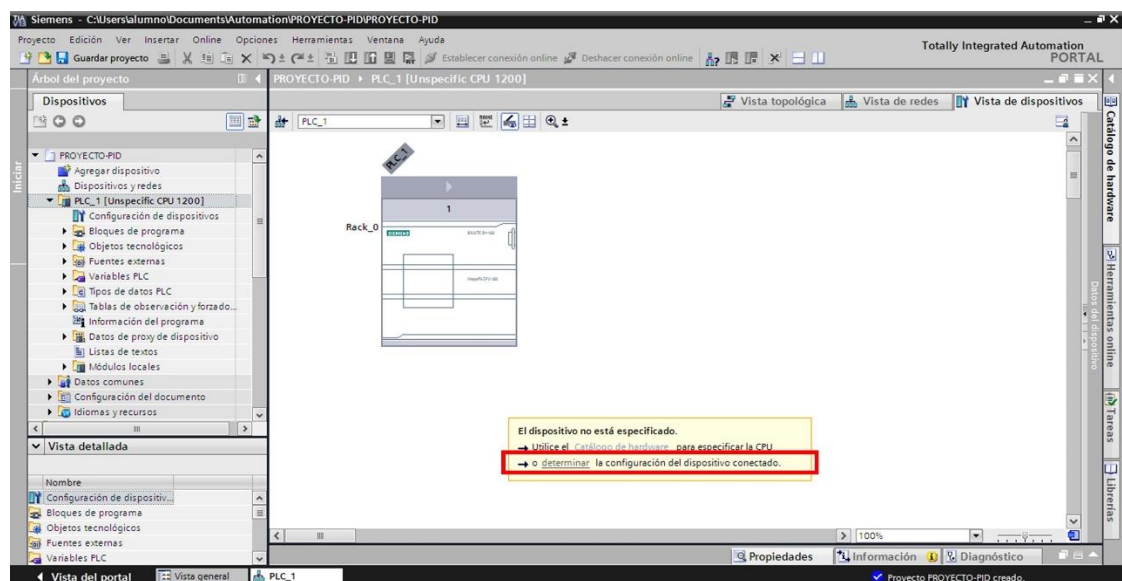


Figura 10. PLC sin especificar.

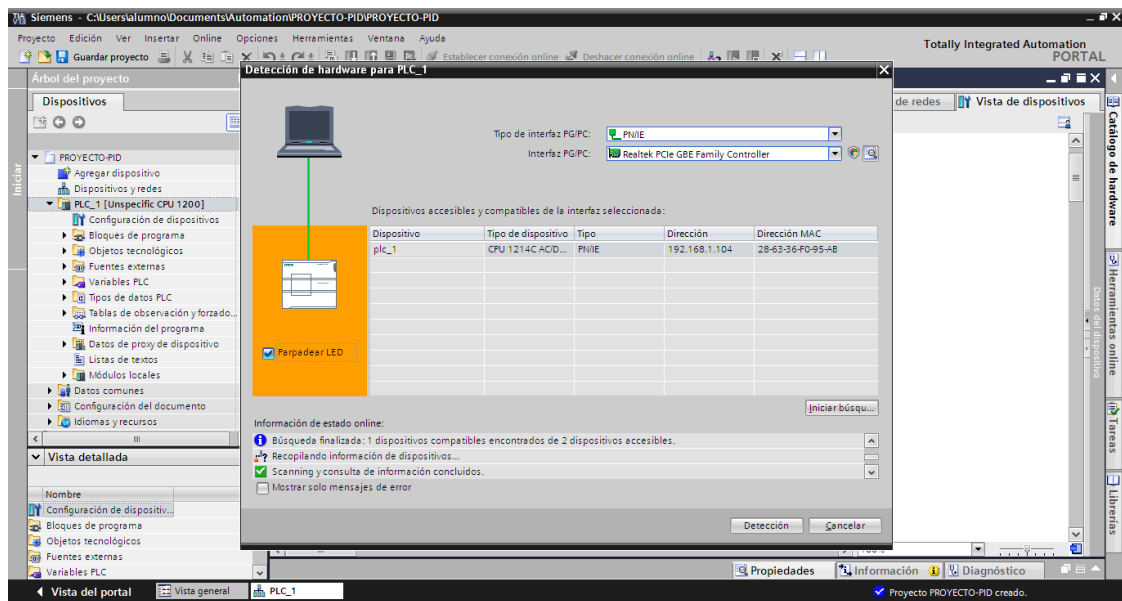


Figura 11. Reconocimiento PLC.

Una vez reconocido el PLC, la vista es la observada en la Figura 12. En esta vista se puede observar la configuración del dispositivo para administrarle la dirección correcta, los bloques de programa, variables, tipos de datos, tablas de observación, etc.

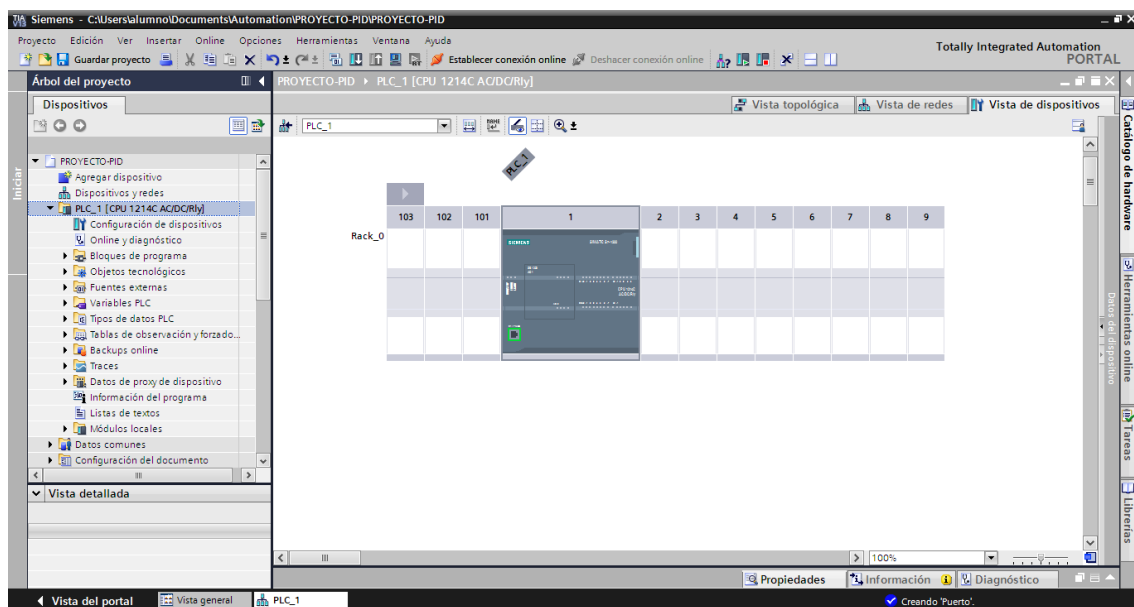


Figura 12. Vista previa del PLC.

Siempre se debe tener a vista el icono de compilar y cargar al dispositivo. Si no se dispone de los dispositivos físicos, se puede utilizar el icono que permite iniciar la simulación. Se puede acceder a ellos desde cualquier pantalla ya que se encuentran en la barra de herramientas superior, véase la Figura 13.



Figura 13. Iconos de compilar, cargar e iniciar la simulación respectivamente.

Cabe mencionar establecer la conexión online a la hora de hacer un programa en un PLC, esta conexión que se establece con el dispositivo permite ver qué ocurre a tiempo real en el programa gracias al icono mostrado en la Figura 14. Además, esta opción también permite visualizar alertas sobre cualquier incidente con el dispositivo.

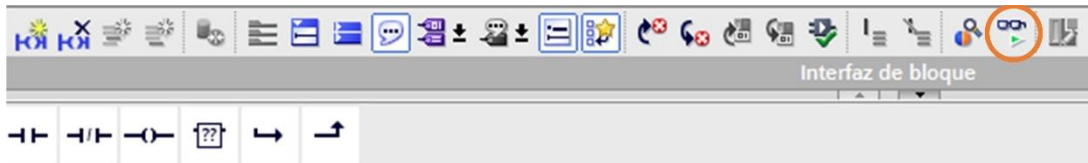


Figura 14. Icono de observación

Para programar un PLC hay que tener en cuenta que existen diferentes tipos de bloques. Existen bloques de organización (OB), como el main que se puede observar en la Figura 15, que se ejecutan cíclicamente y dentro de ellos se pueden llamar a otros bloques; bloques de función (FB) que son bloques lógicos que depositan su valor de forma permanente en el bloque de instancia permitiendo así el uso de la función en otro bloque de instancia distinto; funciones (FC) que consisten en bloques lógicos sin memoria y bloques de datos (DB) para almacenar datos del programa.

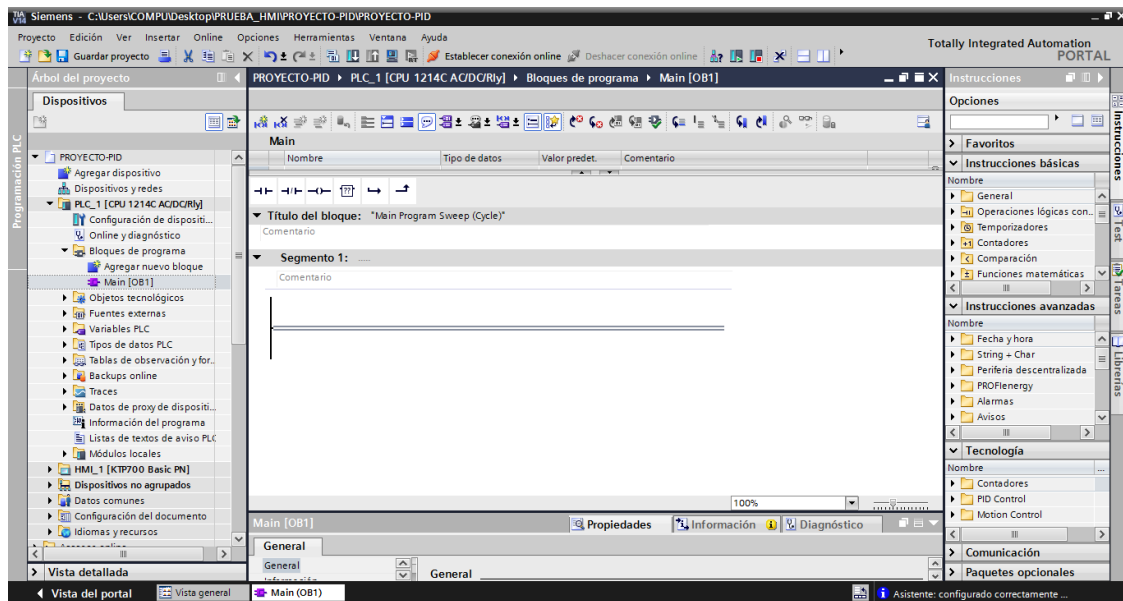


Figura 15. Vista del programa principal PLC (main).

Así mismo para que la programación sea de forma ordenada y tenga cierto nivel jerárquico se utilizará funciones dentro de las cuales se programaran cada una de las entradas y salidas del PLC.

Por lo tanto, dar un click en agregar nuevo bloque y se precede a seleccionar función como se puede observar en la Figura 16.

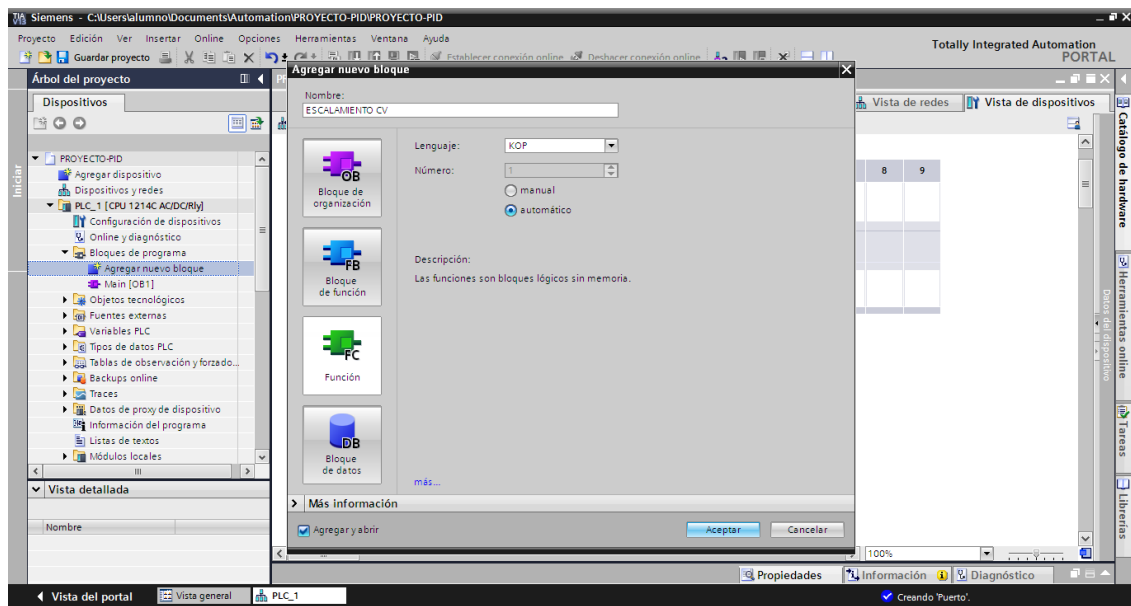


Figura 16. Agregar bloque de función.

Una vez seleccionado se tiene un nuevo bloque de función como se puede observar en la Figura 17, en donde se programa que entradas y que salidas se necesita, hay que tener en cuenta que las funciones deben ser llamadas en el bloque de organización principal.

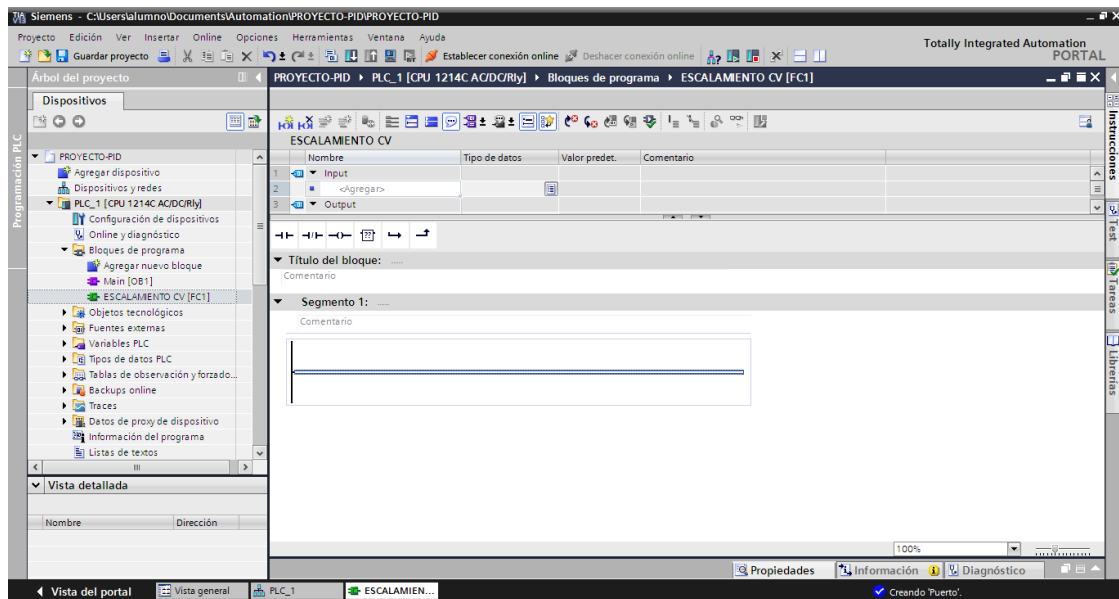


Figura 17. Vista de la función.

Se tiene que realizar tres bloques de funciones en para la aplicación, una para el escalado de la variable de control, otra para el escalado de la variable de proceso y una última para la velocidad del motor como se puede observar en la Figura 18.

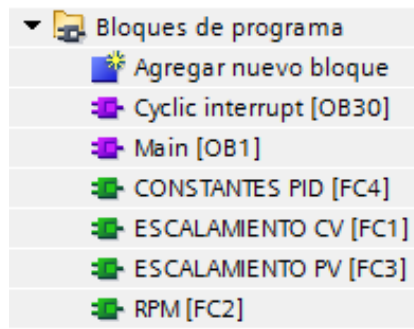


Figura 18. Bloques de funciones.

Una vez creadas todas las funciones se procede a configurar el contador rápido por medio del cual se obtendra la velocidad del motor DC.

Existen 6 contadores rápidos en el PLC, como se puede observar en la siguiente tabla.

HSC	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN PREDETERMINADA
HSC1	DInt	ID1000
HSC2	DInt	ID1004
HSC3	DInt	ID1008
HSC4	DInt	ID1012
HSC5	DInt	ID1016
HSC6	DInt	ID1020

Para la configuración del HSC1 se debe cliclear en las propiedades el PLC, en donde se despliega las mismas, dirigiéndonos hacia los contadores rápidos. En los contadores rápidos se selecciona HSC1 con el cual se va a trabajar, como se puede apreciar en la Figura 19. Además, se tienes que dar un click en activar este contador rápido para trabajar con él y tener la dirección determina por defecto que en nuestro caso es la ID1000.

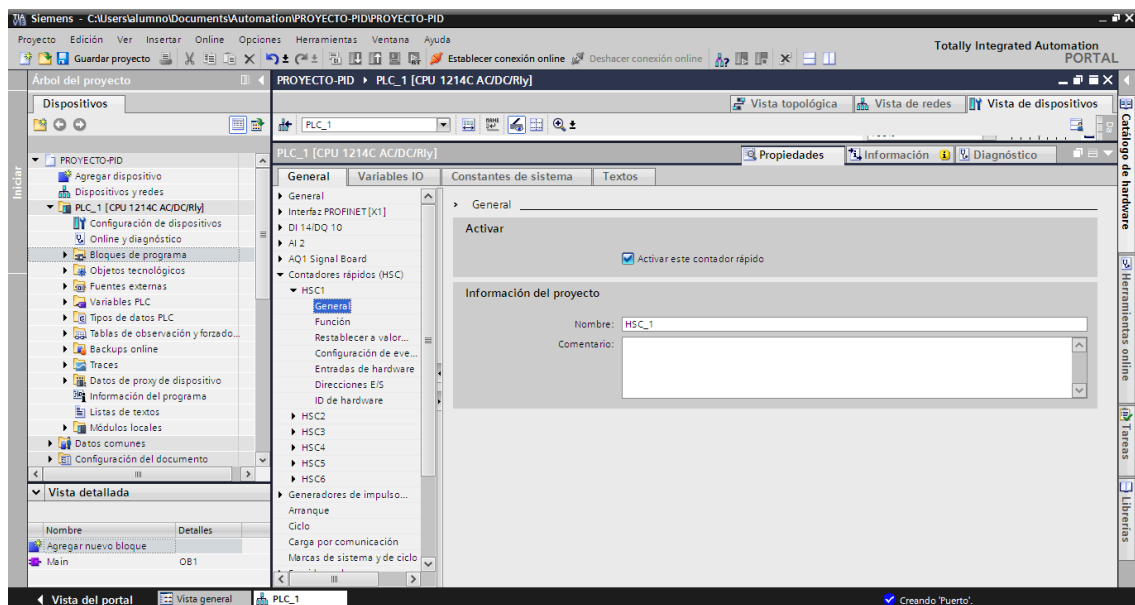


Figura 19. Activar contador rápido.

Por otro lado, se tienes que seleccionar el modo de conteje en frecuencia, y fase de servicio monofásica ya que se tiene un único pulso por rotación. Hay que añadir que se tiene que poner el período de medición de frecuencia en 1 segundo.

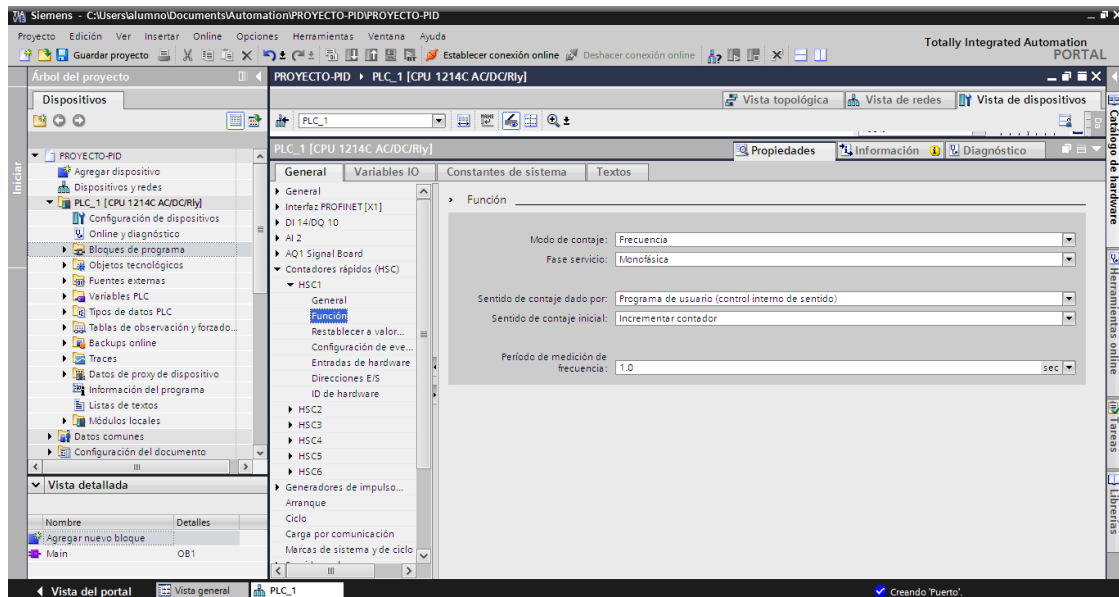


Figura 20. Configuración de los parámetros del HSC.

Seguidamente se debe seleccionar la entrada de hardware del PLC, la entrada %I1.0 cómo se puede observar en la Figura 21, se selecciona ésta entraba ya que las primeras 8 entradas están conectados a una botonera.

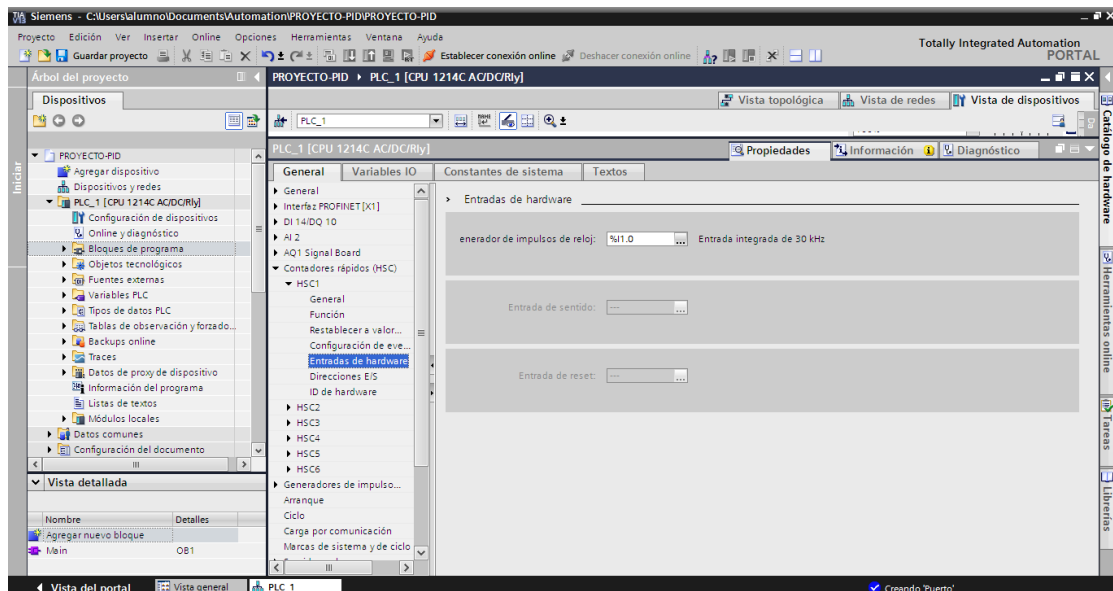


Figura 21. Configuración entrada de hardware del HSC.



Una vez configurado el contador rápido, se procede a cargar las funciones dentro de los bloques de programas.

En la Figura 22 se puede apreciar la programación de la función ESCALAMIENTO CV, la cual nos permite obtener el escalado de mi salida del PLC en este caso tensión, para tener información más clara sobre las salidas analógicas del PLC se presenta la siguiente tabla.

Datos Técnicos	SB 1232 AQ 1 x 12 bits
Número de Salidas	1
Tipo	Tensión e Intensidad
Rango	±10 V o 20 mA
Resolución	Tensión: 12 bits Intensidad: 11 bits
Rango total (palabra de datos)	Tensión: -27648 a 27648 Intensidad: de 0 a 27.648
Precisión (25°C / de -20 a 60°C)	±0.5% / ±1% de rango máximo
Tiempo de estabilización (95% del nuevo valor)	Tensión: 300 μs (R), 750 μs (1 μF) Intensidad: 600 μs (1 mH), 2ms (10 mH)
Impedancia de carga	Tensión: ≥ 1000 Ω Intensidad: ≤ 600 Ω
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)
Aislamiento (de campo a lógica)	Ninguno
Longitud de cable (metros)	100m, trenzado y apantallado

En éste caso se programa para una tensión de salida de 1,5 a 3,7 voltios, el cual es el rango de operación de mi diodo LED.

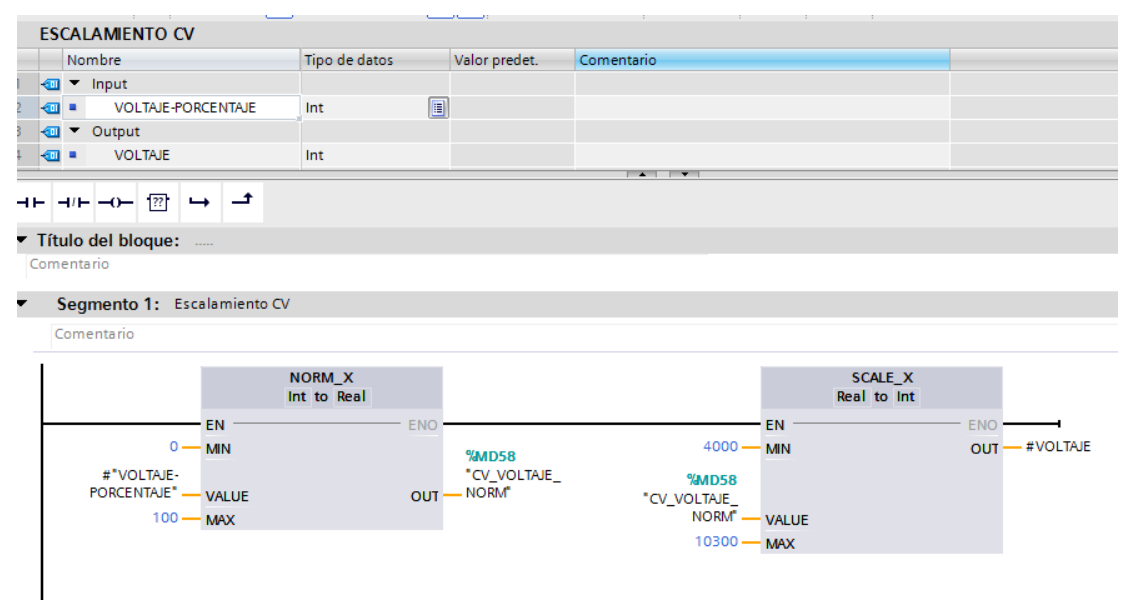


Figura 22. Programación función ESCALAMIENTO CV.

En la Figura 23 se observa la programación de la función RPM, la cual nos permite obtener las revoluciones por minuto de motor DC, en éste caso existe una operación aritmética, ésta realiza una multiplicación de la frecuencia obtenida en un segundo por 60 segundos, dándonos como resultado rpm.

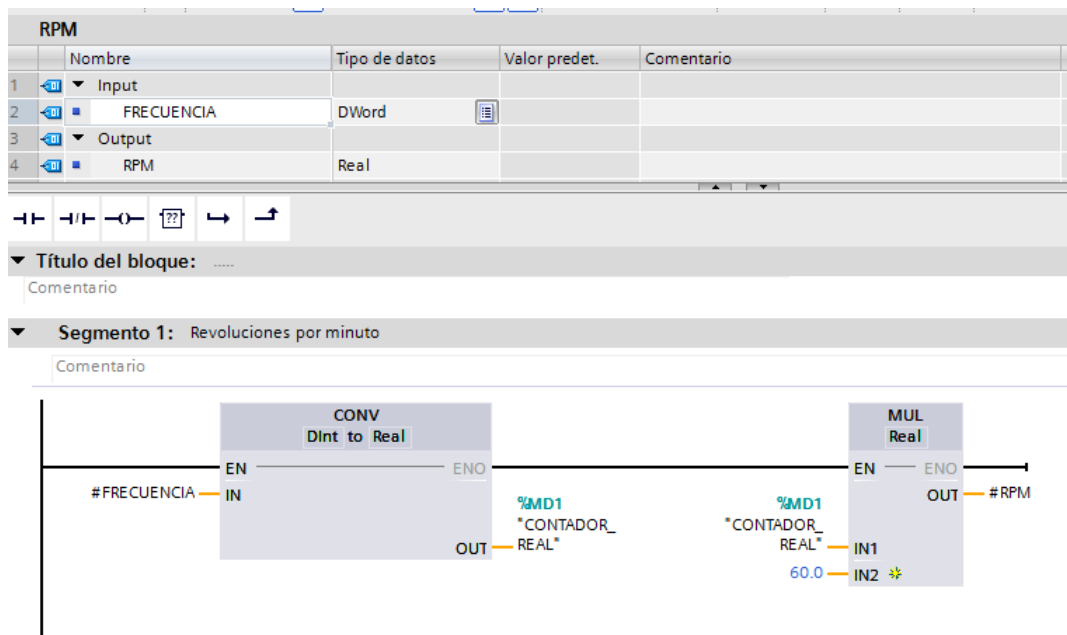


Figura 23. Programación función RPM.

En la Figura 24 se visualiza la programación de la función ESCALAMIENTO PV, en la cual nos permite tener el escalado de mi entrada de señal de entrada hacia el PLC, ésta esta escalada en su rango de operación.

En la programación de esta función hay que tener en cuenta que se debe invertir el proceso ya que si no se invierte será un control PID indirecto, para lo cual se coloca un SUB, éste es un operador aritmético el cual resta la salida normalizada entre 0.0 y 1.0 de 1, al realizar dicha operación ya me invierte y se procede a escalar.

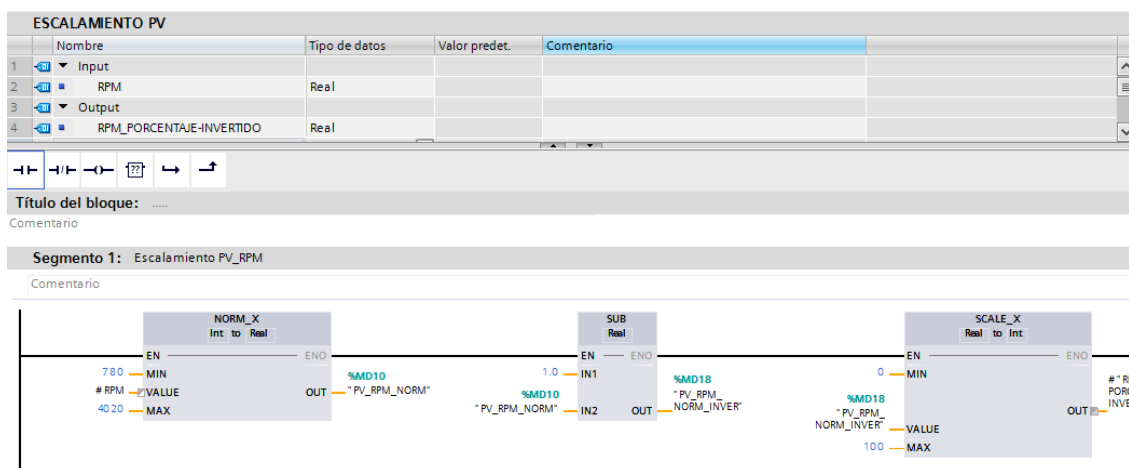


Figura 24. Programación función ESCALAMIENTO PV.

Teniendo las funciones de mis señales de entrada y salida se procede a arrastrar las funciones hacia el main principal, ayudándonos a tener una programación en orden y jerarquizada.

En la Figura 25 se puede observar algunas de las funciones colocadas en el Main principal.

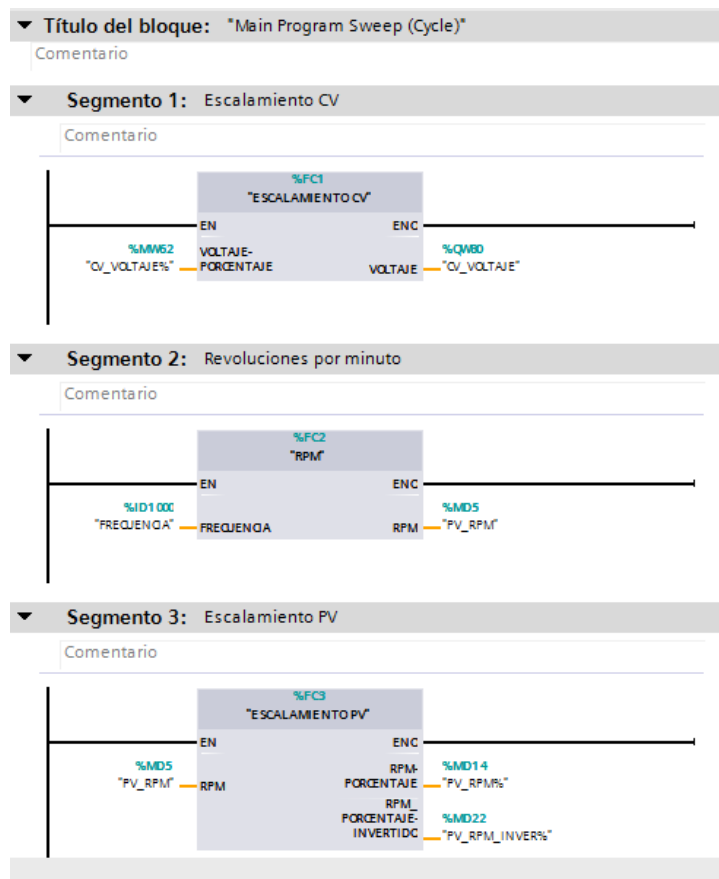


Figura 25. Programación Main principal.

Dentro del proyecto se utiliza un bloque de organización (OB30) alarma cíclica donde se coloca el PID\_Compact.

Por lo tanto, para colocar ésta alarma cíclica, se da un click en agregar nuevo bloque y se procede a seleccionar alarma cíclica como se puede observar en la Figura 26.

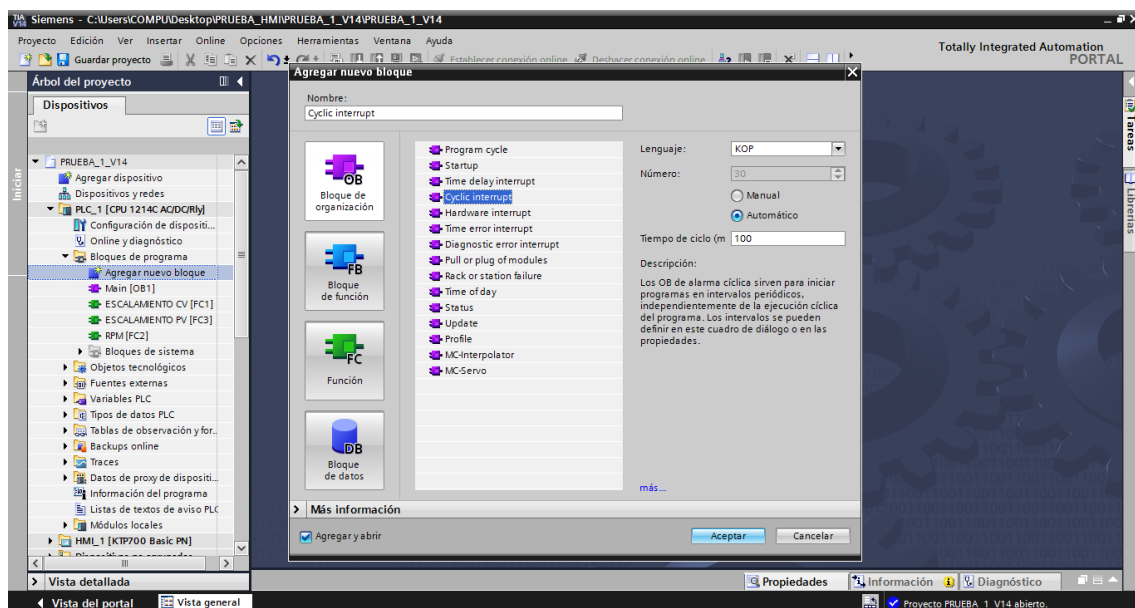


Figura 26. Agregar bloque de alarma cíclica.

Una vez seleccionado se tiene un nuevo bloque de organización como se aprecia en la Figura 26, donde se ejecutará el controlador PID.

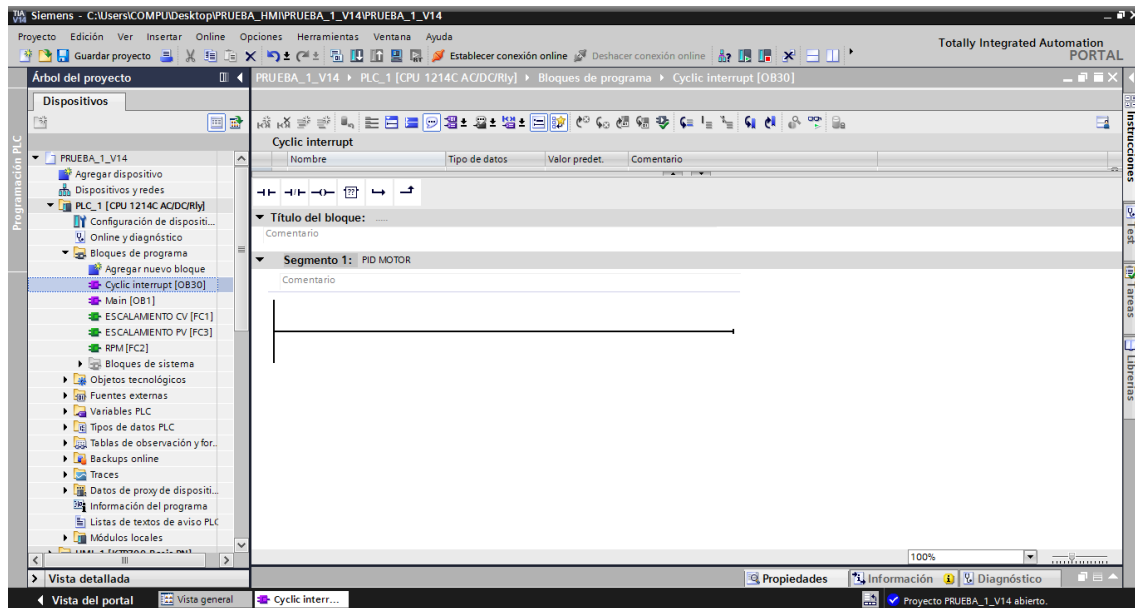


Figura 27. Vista de la alarma cíclica donde se ejecutará en controlador PID.

Para configurar el controlador PID, se debe insertar el PID\_Compact en la alarma cíclica como se puede observar en la Figura 28. Existen dos maneras de configurar el PID una es dando click derecho en la instrucción y seleccionando propiedades, y la otra es dando click en la instrucción en la esquina superior derecha. Se puede apreciar que existen dos dibujos los cuales uno abre la configuración y el otro la ventana para poner en servicio el PID, en esta última es donde se realiza la autosintonización.

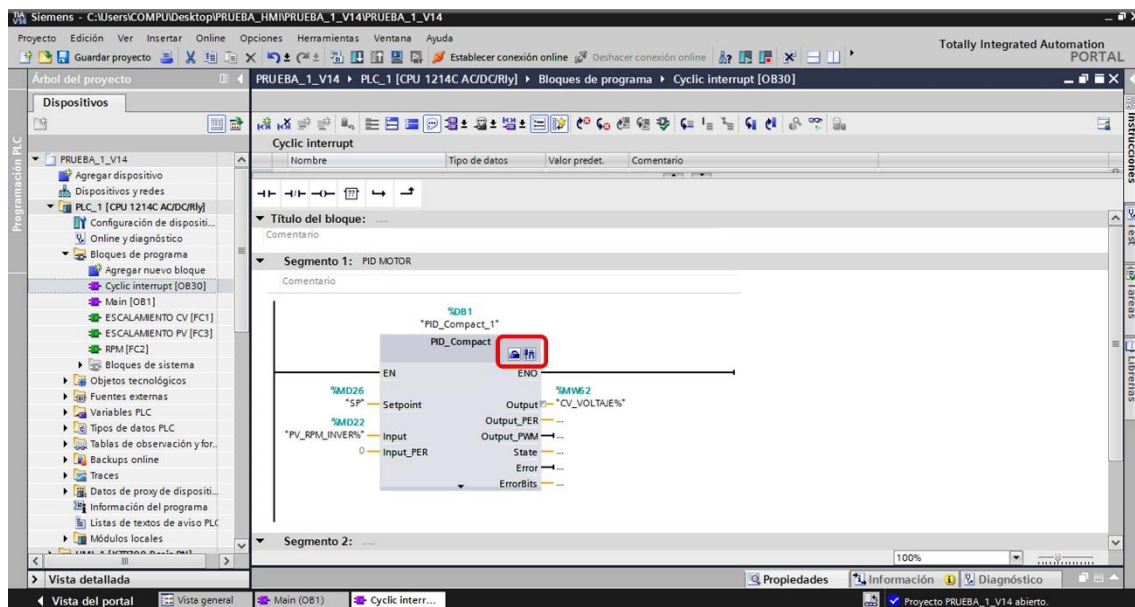


Figura 28. PID\_Compact en una alarma cíclica.

En el presente proyecto se aparta el tipo de regulación general como se puede observar en la Figura 29, en donde se maneja porcentajes, hay que destacar que existen distintos tipos de regulación como temperatura, caudal, presión, longitud, etc.

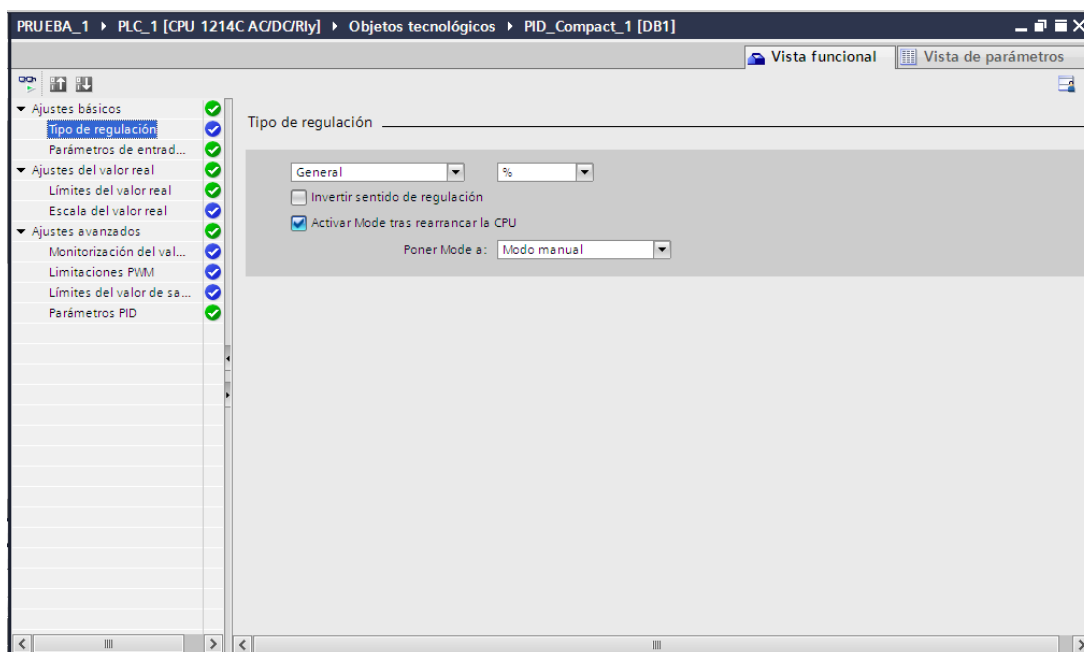


Figura 29. Tipo de regulación del PID\_Compact.

Por otro lado, para configurar los parámetros que van a intervenir en el PID\_Compact, hay que tener claro que en nuestro caso se tiene un tipo de regulación general para lo cual, al momento de configurar la entrada y salida, se tiene que seleccionar INPUT Y OUTPUT respectivamente y añadir la variable escalada y normalizada como se puede visualizar en la Figura 30. El setpoint en este proyecto no es normalizado ni escalado debido a que es asignado por el programador.

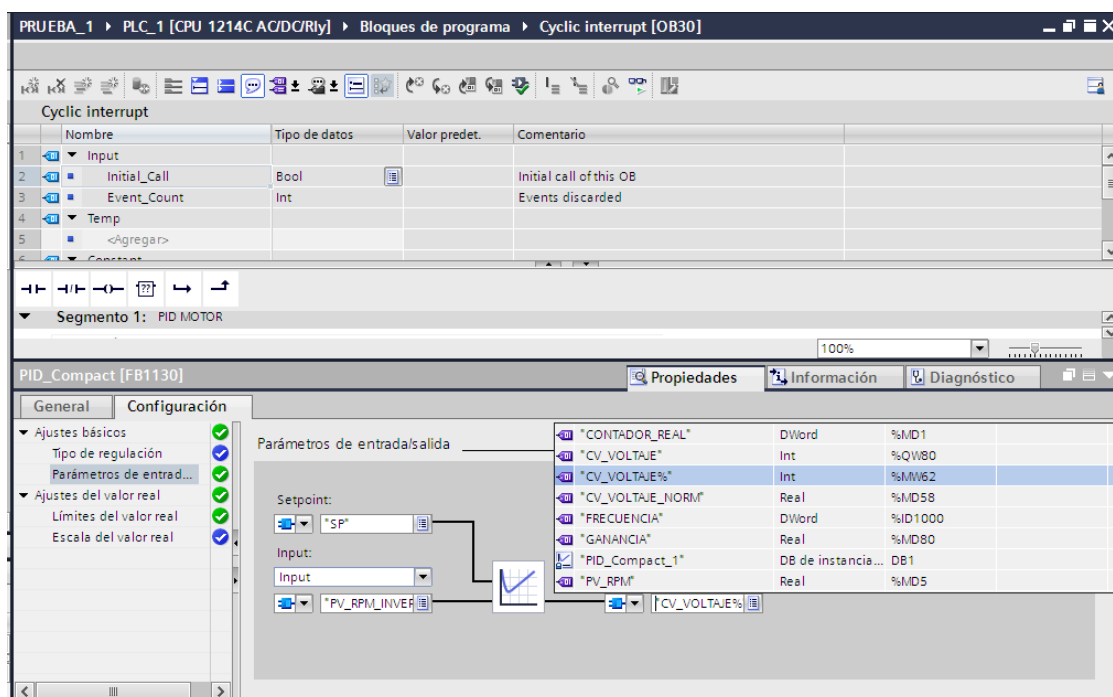


Figura 30. Configuración de los parámetros entrada y salida del PID\_Compact.

De igual manera se tiene que ajustar los límites del valor real, en nuestro caso se ajusta el límite inferior en 0% y el límite superior en 100% como se puede observar en la Figura 31, esto se verá reflejado en la gráfica al momento de sintonizar.

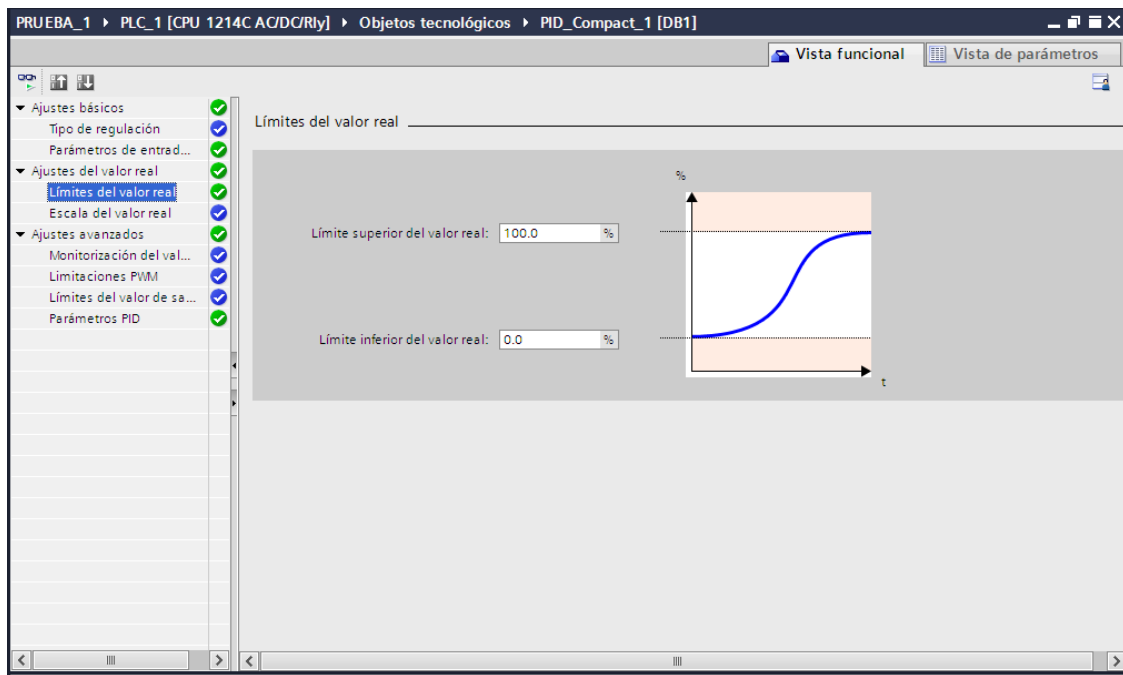


Figura 31. Configuración de los límites del valor real del PID\_Compact.

Una vez realizado las diferentes configuraciones se procede a la sintonización, para obtener la puesta en servicio se debe dar click en la instrucción PID\_Compact en la esquina superior derecha como se explica en la Figura 56. Para visualizar los datos de entrada y salida del PLC\_Compact se da un click en play con un tiempo de muestreo de 0.3 segundos. Se puede observar el estado online del regulador, el modo utilizado es automático para lo cual no deberá estar aplastado el check del control manual como se puede observar en la Figura 32.

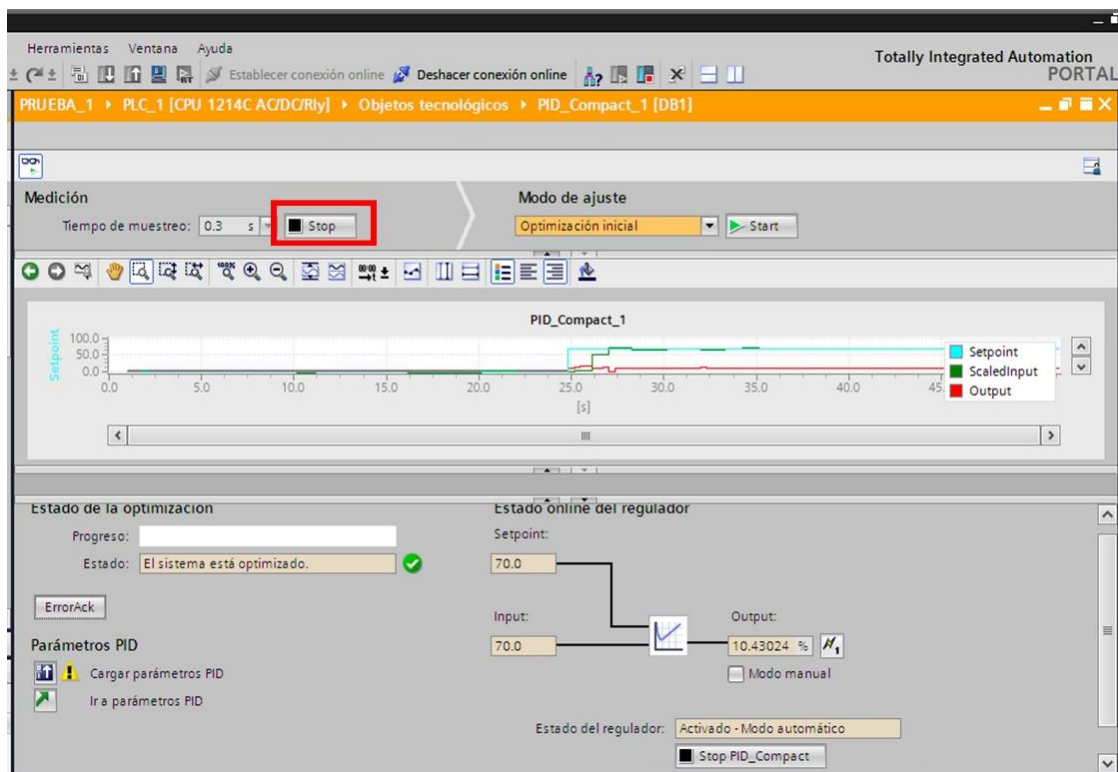


Figura 32. Puesta de servicio PID\_Compact.

Posteriormente, comprobando que estén leyendo los datos de entrada y salida se procede a dar un click en play en modo de ajuste, teniendo en cuenta que se debe elegir la opción optimización fina. Tiene un estado de operación en donde indicará el progreso de la sintonización como se puede observar en la Figura 33.

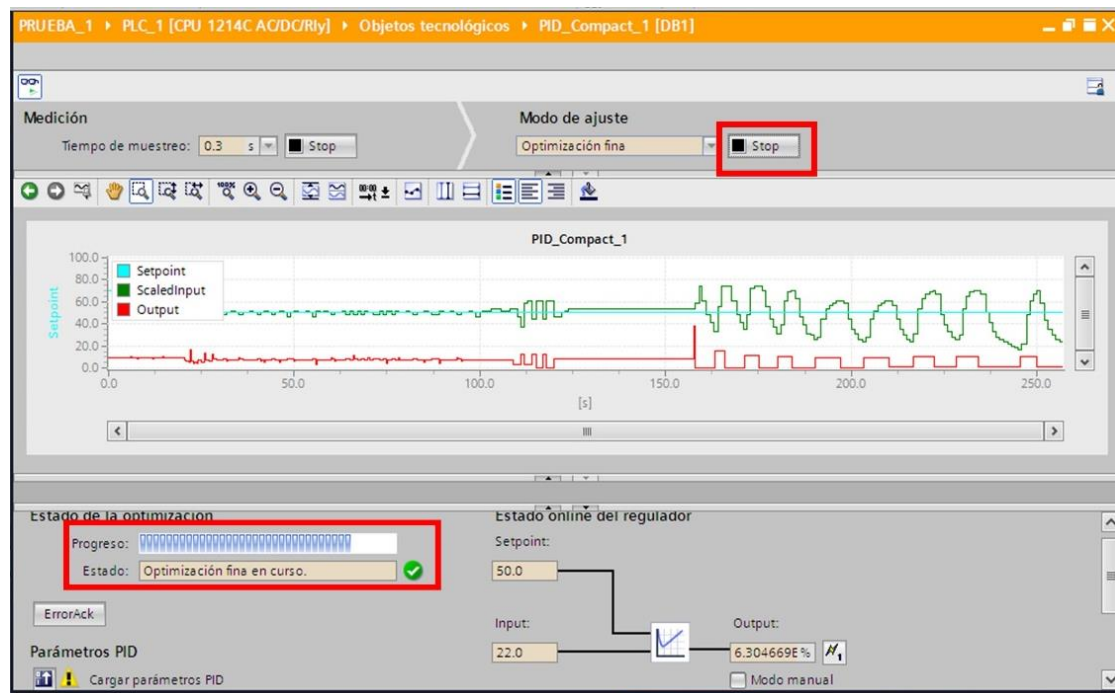


Figura 33. Configuración sintonización fina PID\_Compact.

Finalmente, el sistema está optimizado después de diferentes escalones como se puede observar en la Figura 34. El tiempo de optimización difiere estrictamente del proceso a sintonizar.

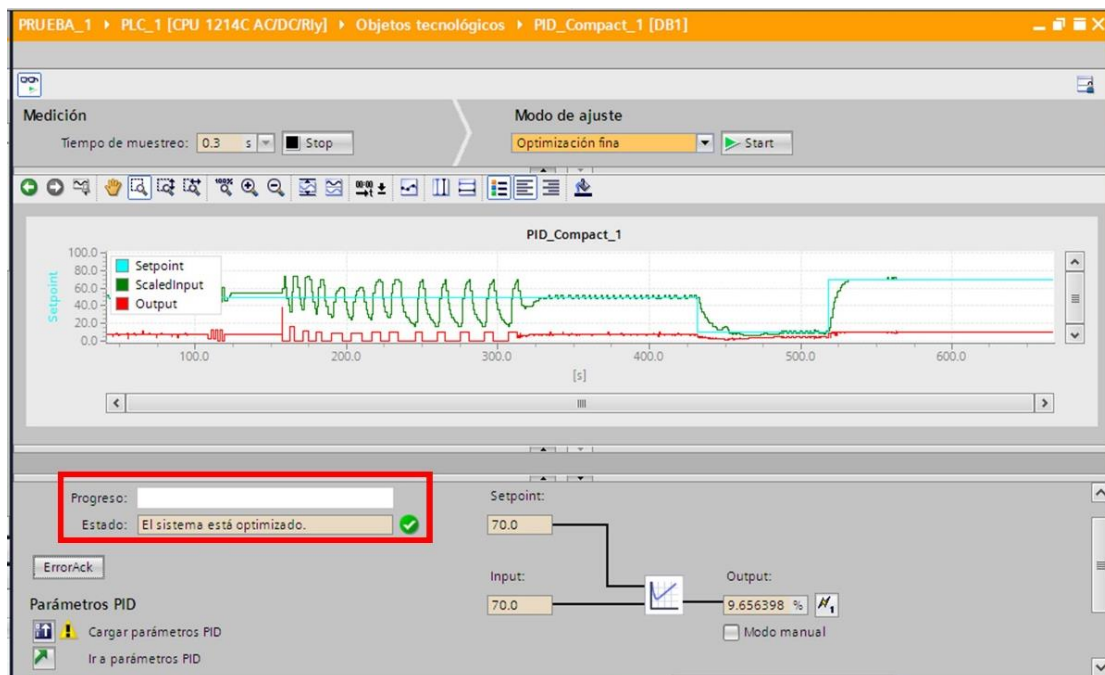


Figura 34. Sistema de optimización completa.



Por último, se tiene las constantes del PID\_Compact como se puede observar en la Figura 35, teniendo la opción activar entrada manual, esto se realiza si se necesita tener un control de las constantes para escribir manualmente.

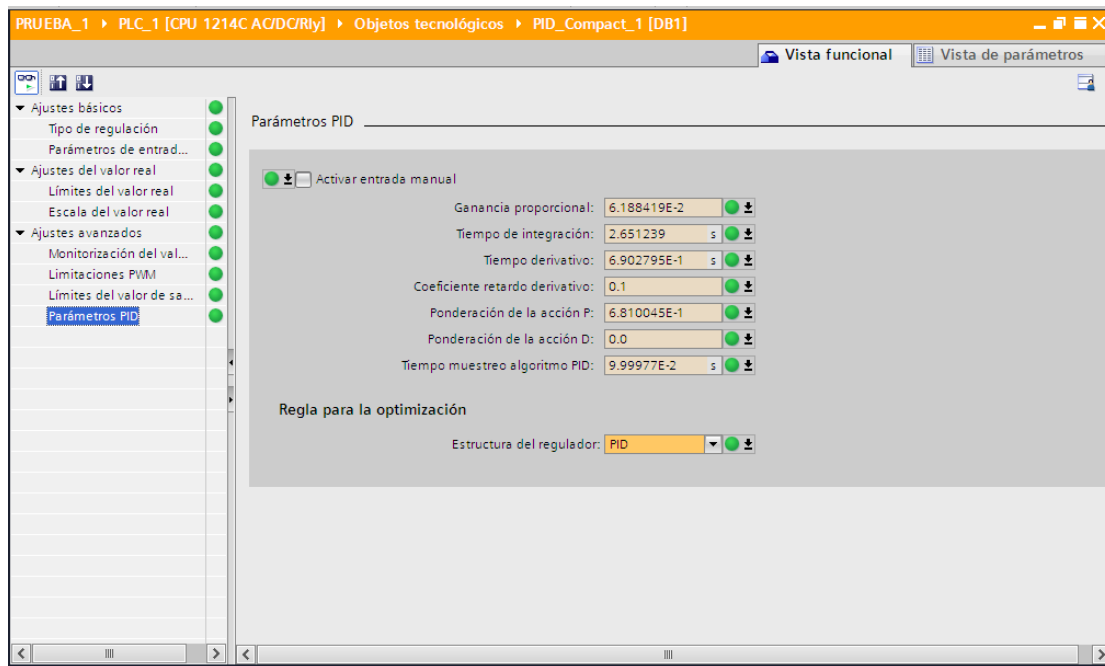


Figura 35. Constantes PID\_Compact.

Una vez realizado el PID y verificado el seguimiento de las referencias, se procede a configurar el HMI de la pantalla del operador donde visualizaremos las variables del PID y las constantes del mismo.

Se añade una nueva función llamada CONSTANTES PID como podemos observar en la Figura 36, la cual nos permite permitirá visualizar las constantes del PID, guardamos en una nueva localidad de memoria la ganancia, el tiempo integral y el tiempo derivativo.

Una vez creada la función se debe añadir al Main principal.





Se agrega otro dispositivo que en este caso es una pantalla SIMATIC HMI como se puede observar en la Figura 37. Por consiguiente y buscando el modelo de la pantalla que es éste caso es una pantalla de 7 pulgadas 6AV2 123-2GB03-0AX0, tal y como se puede apreciar en la Figura 38.

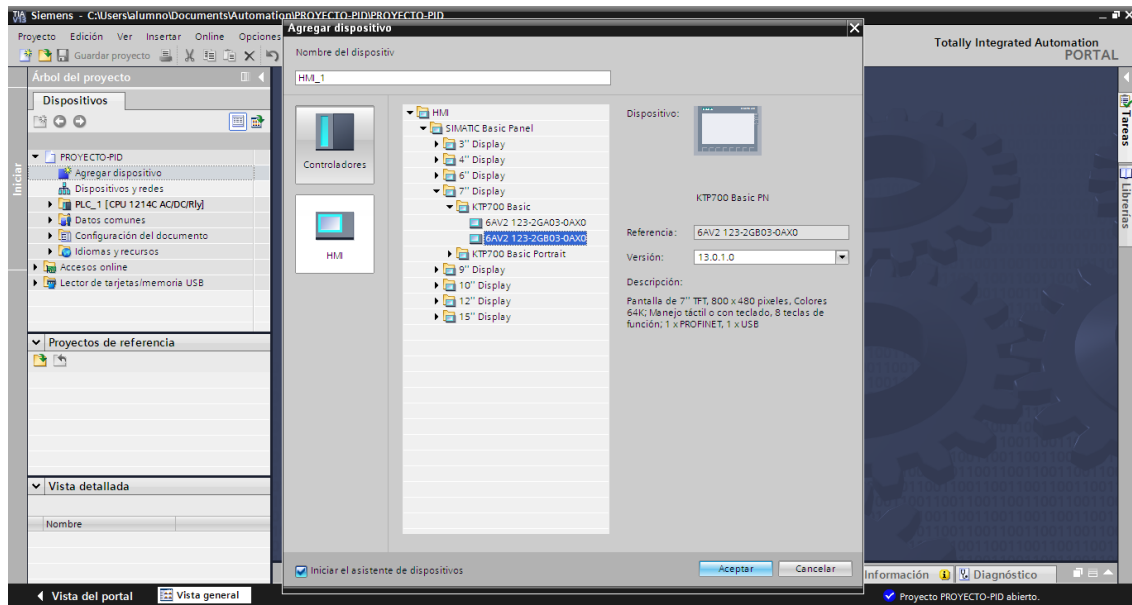


Figura 37. Agregar dispositivo HMI.

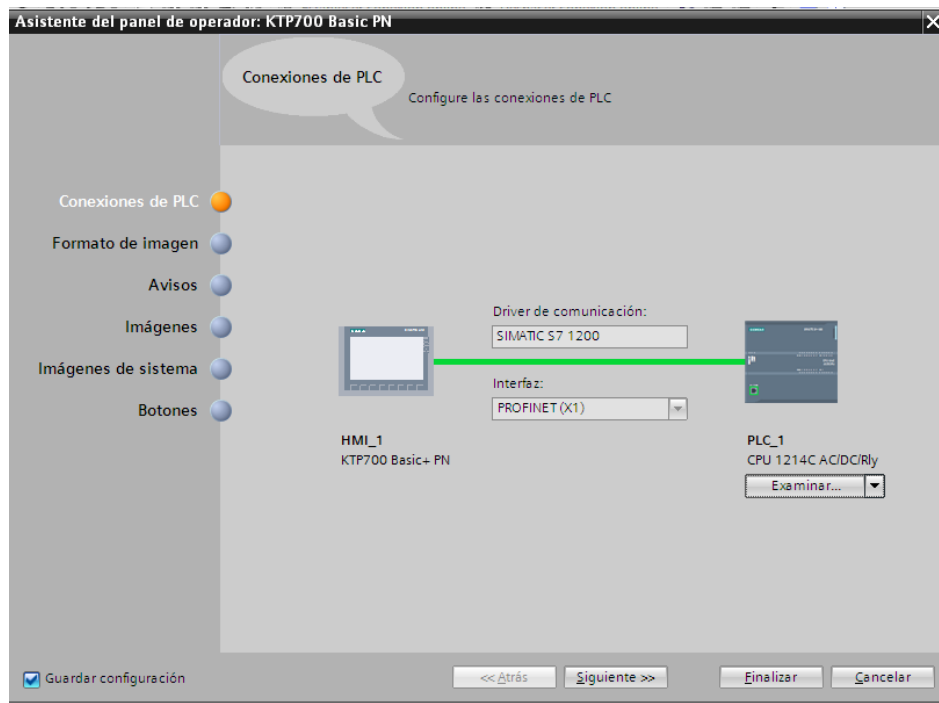


Figura 38. Conexión de la SIMATIC HMI con el PLC.

Una vez realizado todos los pasos dependiendo del tipo de configuración que se desea, se tiene la vista observada en la Figura 39, pudiendo modificar imágenes, plantillas, variables, etc.

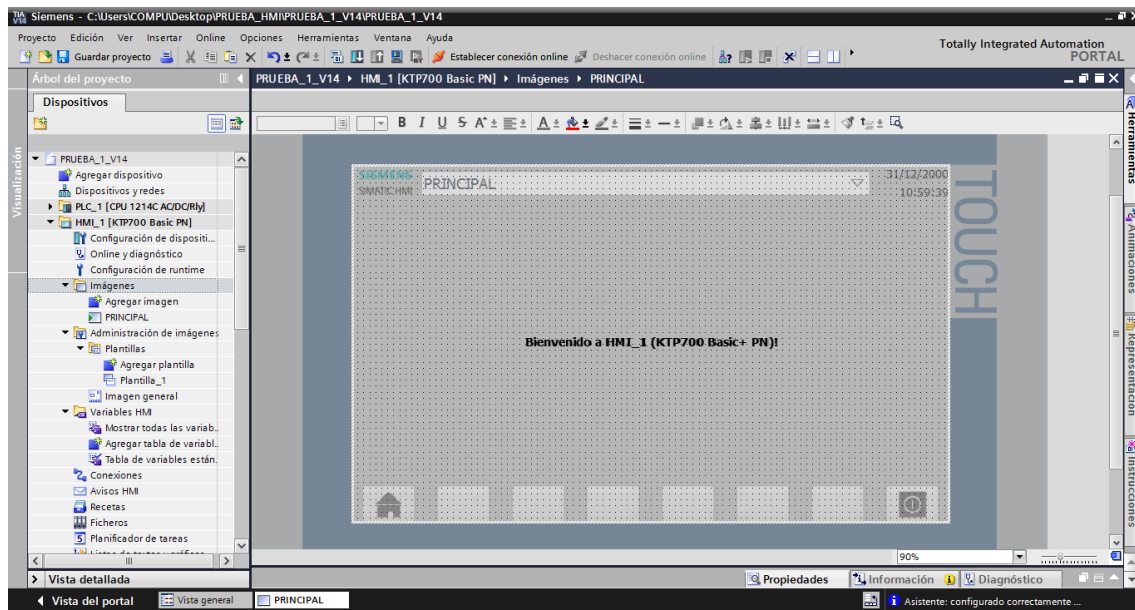


Figura 39. Vista previa de la HMI.

Tras finalizar lo anterior, en el apartado de dispositivos y redes se pueden consultar las distintas conexiones que hay en vista de redes. En la Figura 40 se puede observar que se unen mediante una conexión PN/IE, cada una con sus diferentes direcciones IP. Esto va a permitir que, a la hora de programar la pantalla, se pueda establecer una conexión entre las variables de la pantalla y las del PLC.

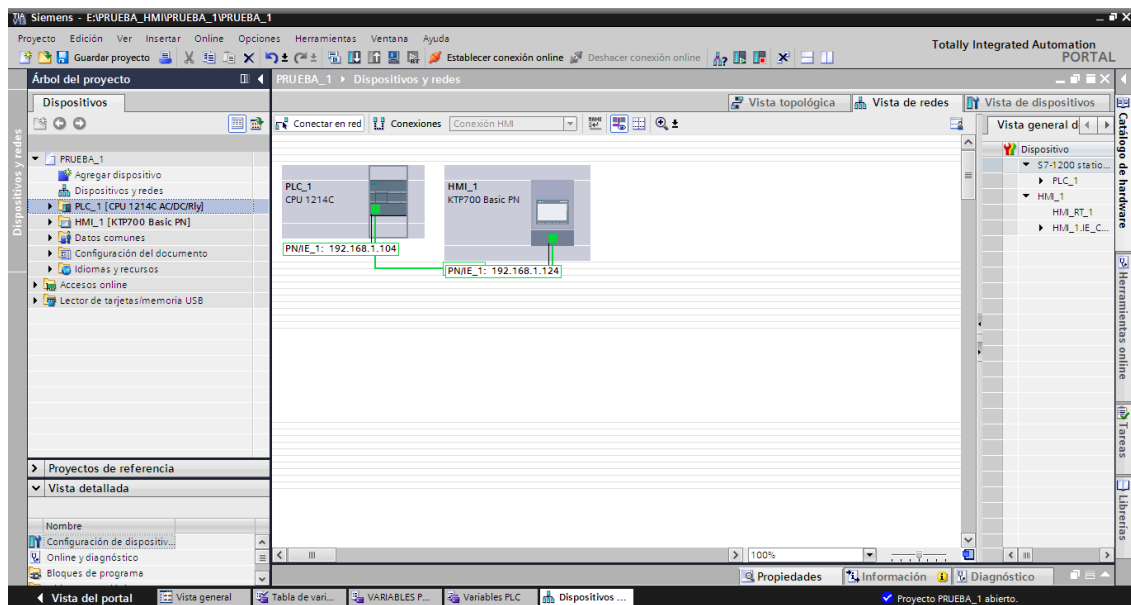


Figura 40. Dispositivos, redes y direcciones IP.

La programación de una pantalla SIMATIC HMI es totalmente distinta, dado que no se emplea un lenguaje como tal. Primeramente, es fundamental crear una plantilla al gusto, o bien usar la que ya viene creada.

Esto permite que a medida que se vayan añadiendo pantallas, inicialmente todas sean iguales. Para acceder a las plantillas solamente hay que abrir la carpeta de administración de imágenes y en su interior se encuentran las plantillas

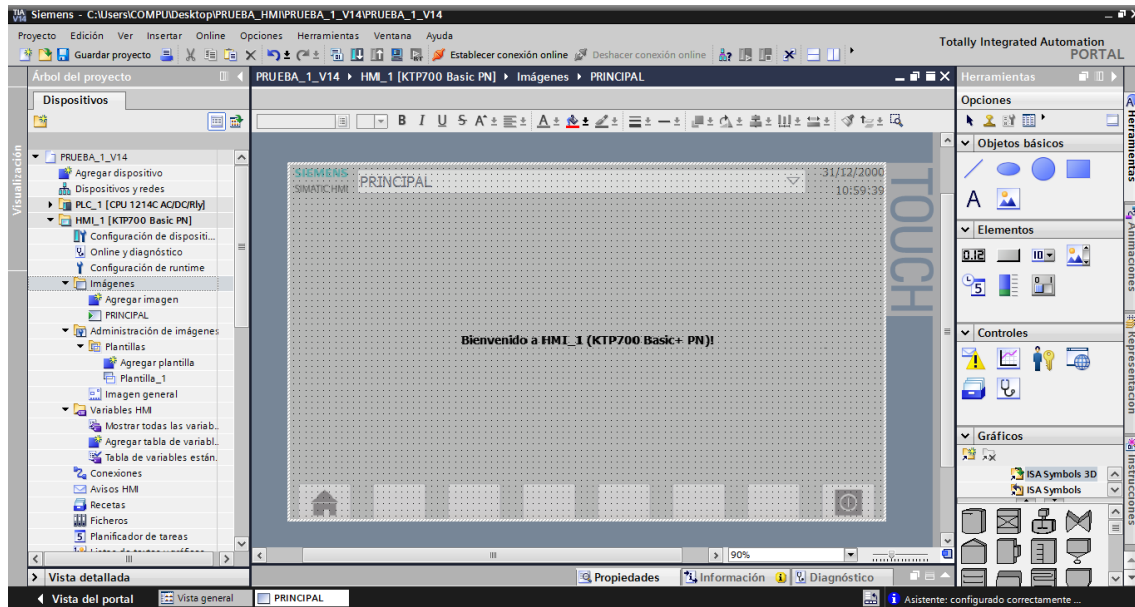


Figura 41. Herramientas pantalla HMI.

En la barra de herramientas situada en el lateral derecho, véase la figura 41, resultan interesantes: herramientas, que dispone de los objetos, elementos y controles que se pueden introducir en la pantalla; animaciones, que permiten variar los elementos u objetos; representación, permite ver de forma esquemática lo que contiene la pantalla; y gráficos, que permite realizar diagramas en las pantallas.

Para establecer una conexión entre la pantalla y el PLC, debe existir una conexión entre los dispositivos. Si a la hora de agregar la pantalla no se estableció esta conexión, ésta debe hacerse de forma manual al igual que cuando se conectaron dos autómatas, véase la Figura 40.

Si la conexión ya está establecida, cuando se cree una variable en la pantalla tiene que dar la opción de crear un acceso a una del autómata. Este acceso puede ser simbólico o absoluto. Si se trata de una simbólico, la pantalla no podrá modificar la variable, de forma absoluta sí puede.

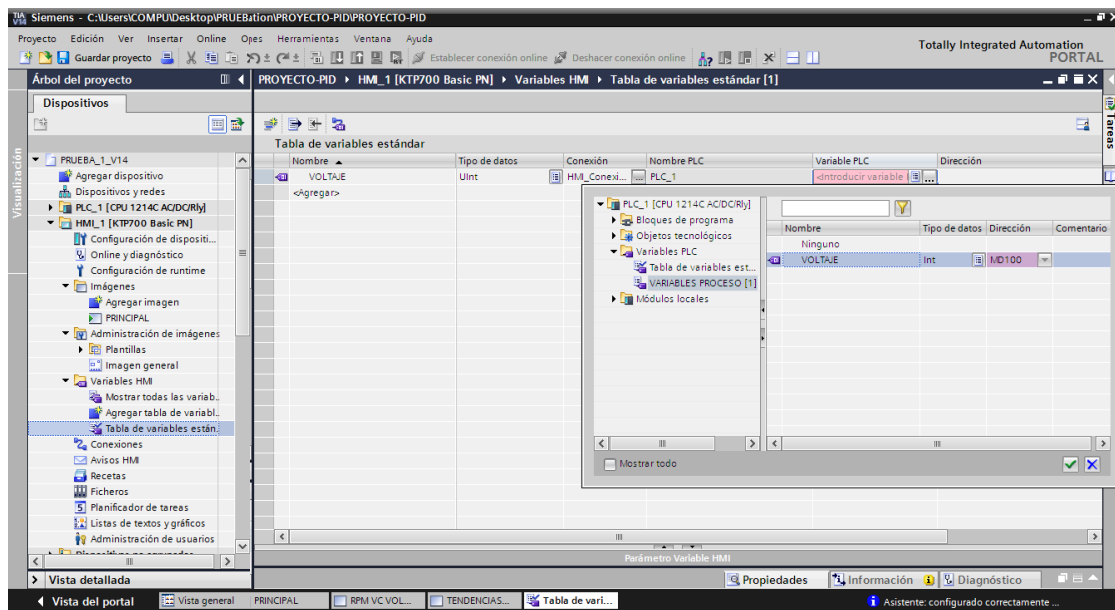


Figura 42. Conexión de variables PLC-HMI

Como se puede observar en la figura 42, se elige el PLC al que se desea acceder para seleccionar la variable que desea tener el HMI. Es importante tener en cuenta el ciclo de adquisición, dado que vamos a monitorear un proceso real, para lo cual se selecciona 100 ms.

La siguiente hoja es una pantalla principal, la cual visualizará las tendencias en un visor de curvas, además se tiene el setpoint como dato de entrada y las constantes del PID como datos de lectura como se puede observar en la Figura 43.

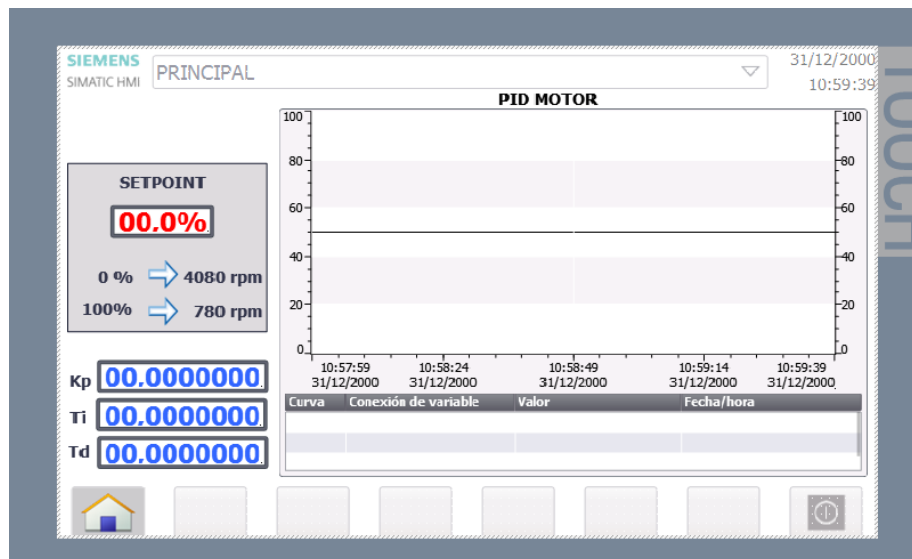


Figura 43. Pantalla secundaria HMI.

Para introducir las diferentes señales del PID\_Compact, se tiene que dar un click en las propiedades del visor de curvas, para después proceder a configurar las variables que se desea indicar como se puede observar en la Figura 40. Para configurar el setpoint y las constantes del PID de la misma manera, se tiene que asignar la variable de interés. Hay que tener en cuenta que las variables que se desea utilizar en el HMI, se tiene que colocar manualmente como se indica en la Figura 44.

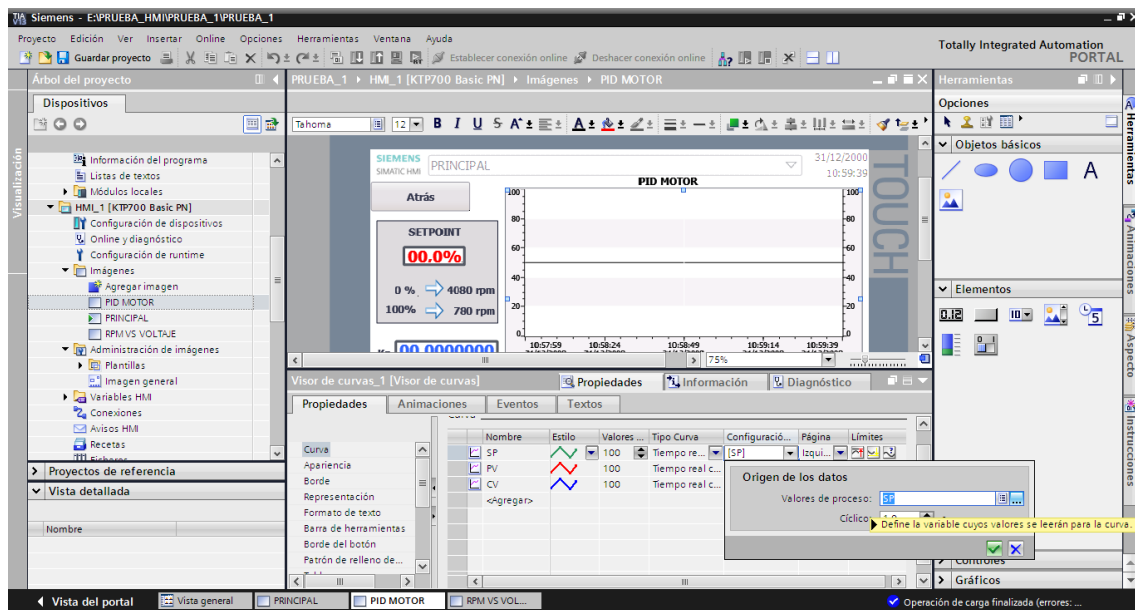


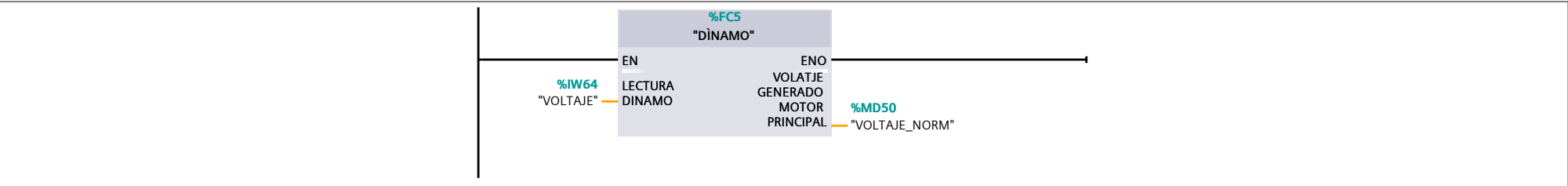
Figura 44. Configuración de variables en el visor de curvas del HMI.

Main [OB1]

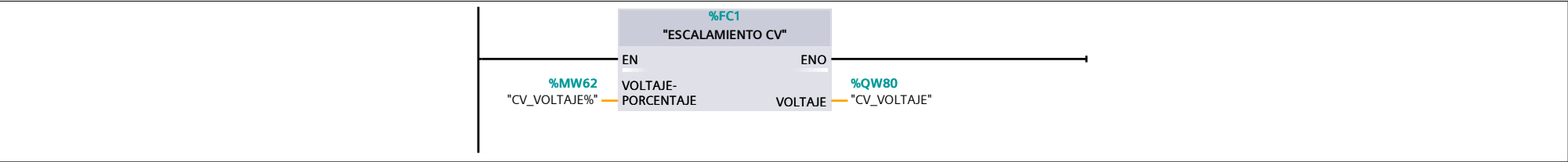
Main Propiedades							
General							
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
▼ Input				
Initial_Call	Bool			Initial call of this OB
Remanence	Bool			=True, if remanent data are available
Temp				
Constant				

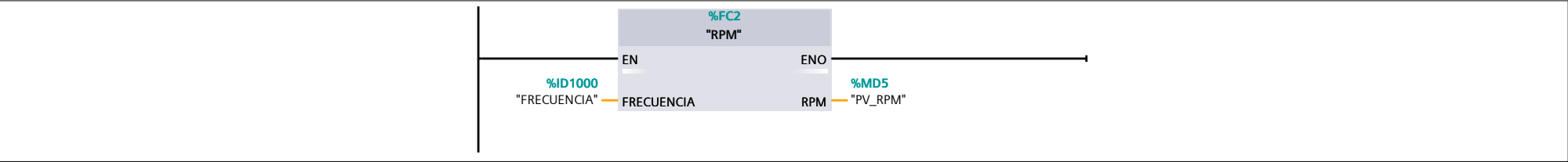
Segmento 1: LECTURA DINAMO



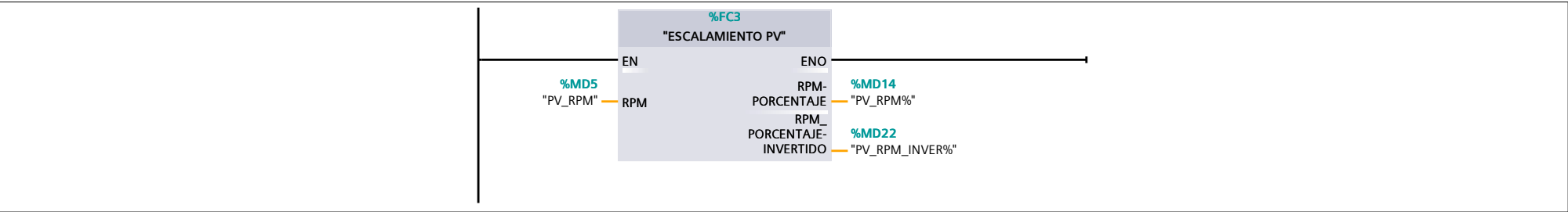
Segmento 2: Escalamiento CV



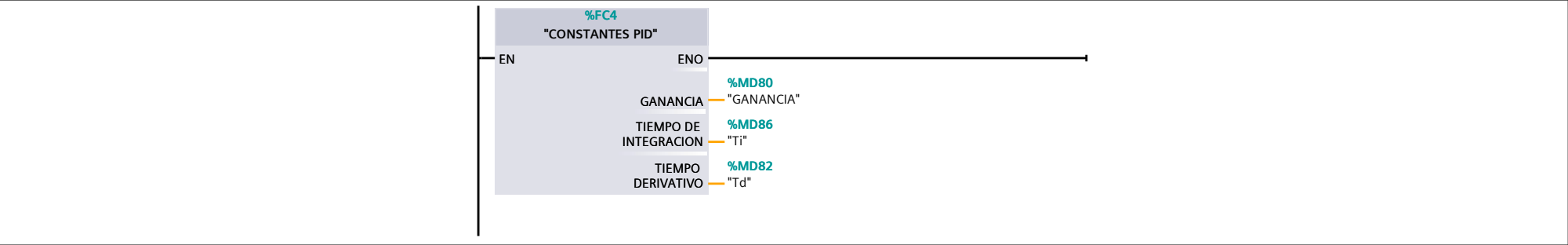
Segmento 3: Revoluciones por minuto



Segmento 4: Escalamiento PV



Segmento 5: CONSTANTES PID





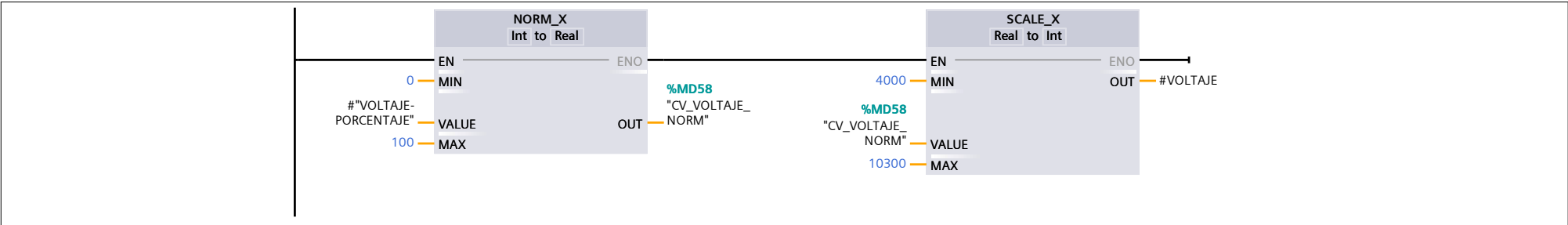


ESCALAMIENTO CV [FC1]

ESCALAMIENTO CV Propiedades							
General							
Nombre	ESCALAMIENTO CV	Número	1	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
▼ Input				
VOLTAJE-PORCENTAJE	Int			
▼ Output				
VOLTAJE	Int			
InOut				
Temp				
Constant				
▼ Return				
ESCALAMIENTO CV	Void			

Segmento 1: Escalamiento CV



Totally Integrated Automation Portal

### RPM [FC2]

RPM Propiedades

General

Nombre	RPM	Número	2	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
▼ Input				
FRECUENCIA	DWord			
▼ Output				
RPM	Real			
InOut				
Temp				
Constant				
▼ Return				
Ret_Val	Void			

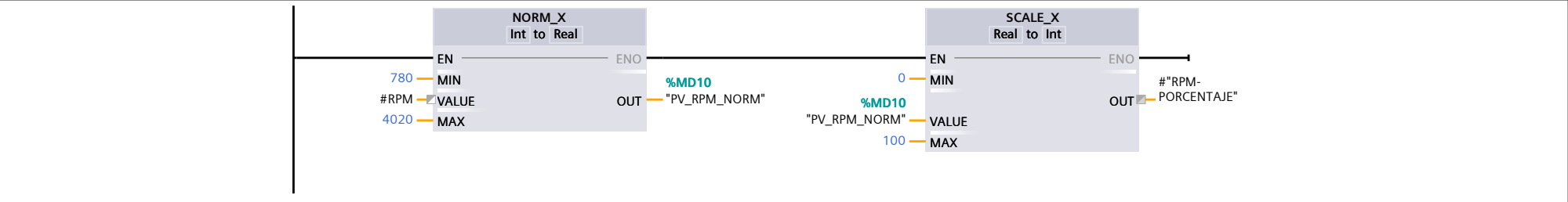
#### Segmento 1: Revoluciones por minuto

ESCALAMIENTO PV [FC3]

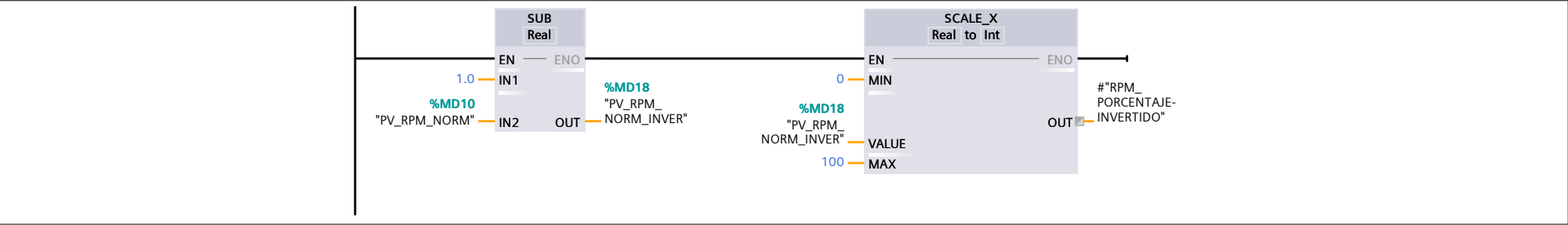
ESCALAMIENTO PV Propiedades							
General							
Nombre	ESCALAMIENTO PV	Número	3	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
▼ Input				
RPM	Real			
▼ Output				
RPM-PORCENTAJE	Real			
RPM_PORCENTAJE-INVERTIDO	Real			
InOut				
Temp				
Constant				
▼ Return				
ESCALAMIENTO PV	Void			

Segmento 1: Escalamiento PV\_RPM



Segmento 2: Escalamiento PV\_RPM INVERTIDO

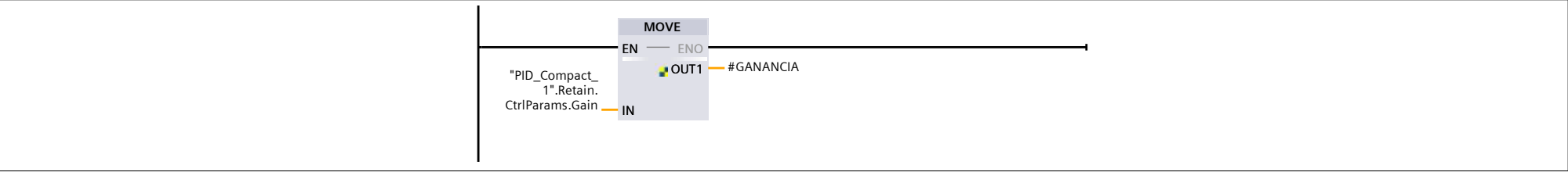


CONSTANTES PID [FC4]

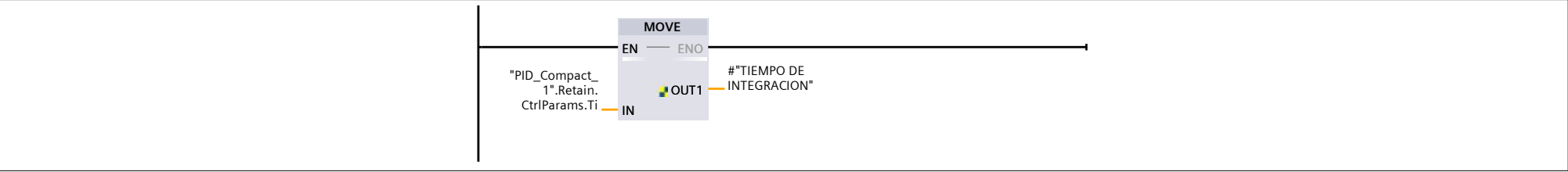
CONSTANTES PID Propiedades							
General							
Nombre	CONSTANTES PID	Número	4	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
Input				
▼ Output				
GANANCIA	Real			
TIEMPO DE INTEGRACION	Real			
TIEMPO DERIVATIVO	Real			
InOut				
Temp				
Constant				
▼ Return				
CONSTANTES PID	Void			

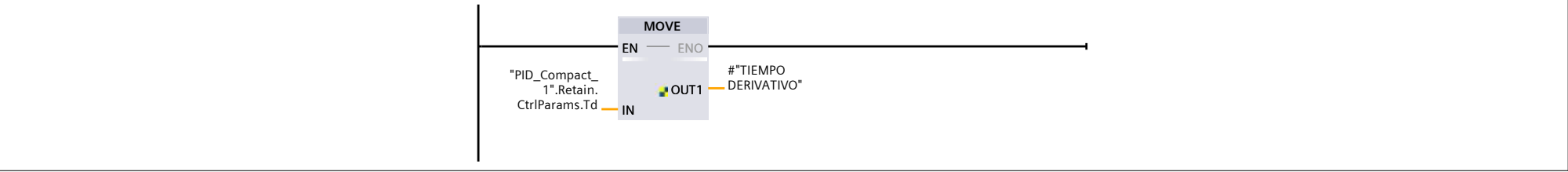
Segmento 1: GANANCIA



Segmento 2: TIEMPO DE INTEGRACIÓN



Segmento 3: TIEMPO DERIVATIVO

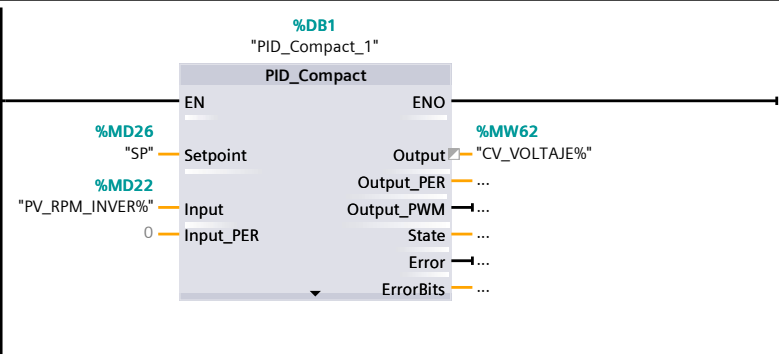


Cyclic interrupt [OB30]

Cyclic interrupt Propiedades							
General							
Nombre	Cyclic interrupt	Número	30	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personaliza- da					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
▼ Input				
Initial_Call	Bool			Initial call of this OB
Event_Count	Int			Events discarded
Temp				
Constant				

Segmento 1: PID MOTOR



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, AC/DC/relay,  
onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO relay 2 A; 2 AI 0-10 V DC, Power  
supply: AC 85-264 V AC at 47-63 Hz, Program/data memory 100 KB



### General information

Product type designation	CPU 1214C AC/DC/relay
Firmware version	V4.2
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V14 or higher

### Supply voltage

Rated value (AC)	
• 120 V AC	Yes
• 230 V AC	Yes
permissible range, lower limit (AC)	85 V
permissible range, upper limit (AC)	264 V
Line frequency	
• permissible range, lower limit	47 Hz
• permissible range, upper limit	63 Hz

### Input current

Current consumption (rated value)	100 mA at 120 V AC; 50 mA at 240 V AC
Current consumption, max.	300 mA at 120 V AC; 150 mA at 240 V AC
Inrush current, max.	20 A; at 264 V

$I^2t$	0.8 A <sup>2</sup> ·s
<b>Output current</b>	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
<b>Encoder supply</b>	
24 V encoder supply	
• 24 V	20.4 to 28.8V
<b>Power loss</b>	
Power loss, typ.	14 W
<b>Memory</b>	
Work memory	
• integrated	100 kbyte
• expandable	No
Load memory	
• integrated	4 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes
• maintenance-free	Yes
• without battery	Yes
<b>CPU processing times</b>	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / instruction
<b>CPU-blocks</b>	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
<b>Data areas and their retentivity</b>	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
• Number, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area
Local data	
• per priority class, max.	16 kbyte; Priority class 1 (program cycle): 16 KB, priority class 2 to 26: 6 KB
<b>Address area</b>	
Process image	
• Inputs, adjustable	1 kbyte

- Outputs, adjustable

1 kbyte

## Hardware configuration

Number of modules per system, max. 3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules

## Time of day

### Clock

- Hardware clock (real-time) Yes
- Backup time 480 h; Typical
- Deviation per day, max.  $\pm 60$  s/month at 25 °C

## Digital inputs

Number of digital inputs 14; Integrated  
 • of which inputs usable for technological functions 6; HSC (High Speed Counting)

Source/sink input Yes

### Number of simultaneously controllable inputs

all mounting positions

— up to 40 °C, max. 14

### Input voltage

- Rated value (DC) 24 V
- for signal "0" 5 V DC at 1 mA
- for signal "1" 15 V DC at 2.5 mA

### Input delay (for rated value of input voltage)

#### for standard inputs

- parameterizable 0.2 ms, 0.4 ms, 0.8 ms, 1.6 ms, 3.2 ms, 6.4 ms and 12.8 ms, selectable in groups of four
- at "0" to "1", min. 0.2 ms
- at "0" to "1", max. 12.8 ms

#### for interrupt inputs

- parameterizable Yes

#### for technological functions

- parameterizable Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz, differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz

### Cable length

- shielded, max. 500 m; 50 m for technological functions
- unshielded, max. 300 m; for technological functions: No

## Digital outputs

Number of digital outputs 10; Relays

### Switching capacity of the outputs

- with resistive load, max. 2 A
- on lamp load, max. 30 W with DC, 200 W with AC

### Output delay with resistive load

- "0" to "1", max. 10 ms; max.



• "1" to "0", max.	10 ms; max.
Relay outputs	
• Number of relay outputs	10
• Number of operating cycles, max.	mechanically 10 million, at rated load voltage 100 000
Cable length	
• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Number of analog inputs	2
Input ranges	
• Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
• 0 to +10 V	Yes
• Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
• shielded, max.	100 m; twisted and shielded
Analog outputs	
Number of analog outputs	0
Analog value generation for the inputs	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	10 bit
• Integration time, parameterizable	Yes
• Conversion time (per channel)	625 µs
Encoder	
Connectable encoders	
• 2-wire sensor	Yes
1. Interface	
Interface type	PROFINET
Physics	Ethernet
Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Interface types	
• Number of ports	1
• integrated switch	No
Protocols	
• PROFINET IO Controller	Yes
• PROFINET IO Device	Yes

• SIMATIC communication	Yes
• Open IE communication	Yes
• Web server	Yes
• Media redundancy	No
<b>PROFINET IO Controller</b>	
• Transmission rate, max.	100 Mbit/s
<b>Services</b>	
— PG/OP communication	Yes
— S7 routing	Yes
— Isochronous mode	No
— Open IE communication	Yes
— IRT	No
— MRP	No
— MRPD	No
— PROFINergy	No
— Prioritized startup	Yes
— Number of IO devices with prioritized startup, max.	16
— Number of connectable IO Devices, max.	16
— Number of connectable IO Devices for RT, max.	16
— of which in line, max.	16
— Activation/deactivation of IO Devices	Yes
— Number of IO Devices that can be simultaneously activated/deactivated, max.	8
— Updating time	The minimum value of the update time also depends on the communication component set for PROFINET IO, on the number of IO devices and the quantity of configured user data.
<b>PROFINET IO Device</b>	
<b>Services</b>	
— PG/OP communication	Yes
— S7 routing	Yes
— Isochronous mode	No
— Open IE communication	Yes
— IRT	No
— MRP	No
— MRPD	No
— PROFINergy	Yes
— Shared device	Yes
— Number of IO Controllers with shared device, max.	2
<b>Protocols</b>	

Supports protocol for PROFINET IO	Yes
PROFIBUS	Yes
AS-Interface	Yes; CM 1243-2 required
Protocols (Ethernet)	
• TCP/IP	Yes
• DHCP	No
• SNMP	Yes
• DCP	Yes
• LLDP	Yes
Open IE communication	
• TCP/IP	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
• UDP	Yes
— Data length, max.	1 472 byte
Web server	
• supported	Yes
• User-defined websites	Yes
Further protocols	
• MODBUS	Yes
Communication functions	
S7 communication	
• supported	Yes
• as server	Yes
• as client	Yes
• User data per job, max.	See online help (S7 communication, user data size)
Number of connections	
• overall	16; dynamically
Test commissioning functions	
Status/control	
• Status/control variable	Yes
• Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
Forcing	
• Forcing	Yes
Diagnostic buffer	
• present	Yes
Traces	
• Number of configurable Traces	2
• Memory size per trace, max.	512 kbyte

## Interrupts/diagnostics/status information

### Diagnostics indication LED

• RUN/STOP LED	Yes
• ERROR LED	Yes
• MAINT LED	Yes

## Integrated Functions

Number of counters	6
Counting frequency (counter) max.	100 kHz
Frequency measurement	Yes
controlled positioning	Yes
Number of position-controlled positioning axes, max.	8
Number of positioning axes via pulse-direction interface	Up to 4 with SB 1222
PID controller	Yes
Number of alarm inputs	4

## Potential separation

### Potential separation digital inputs

• Potential separation digital inputs	500V AC for 1 minute
• between the channels, in groups of	1

### Potential separation digital outputs

• Potential separation digital outputs	Relays
• between the channels	No
• between the channels, in groups of	2

## EMC

### Interference immunity against discharge of static electricity

• Interference immunity against discharge of static electricity acc. to IEC 61000-4-2	Yes
— Test voltage at air discharge	8 kV
— Test voltage at contact discharge	6 kV

### Interference immunity to cable-borne interference

• Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-4	Yes
• Interference immunity on signal cables acc. to IEC 61000-4-4	Yes

### Interference immunity against voltage surge

• on the supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
---	-----

### Interference immunity against conducted variable disturbance induced by high-frequency fields

• Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
--	-----

### Emission of radio interference acc. to EN 55 011

• Limit class A, for use in industrial areas	Yes; Group 1
--	--------------

- Limit class B, for use in residential areas

Yes; When appropriate measures are used to ensure compliance with the limits for Class B according to EN 55011

## Degree and class of protection

Degree of protection acc. to EN 60529

- IP20

Yes

## Standards, approvals, certificates

CE mark

Yes

UL approval

Yes

cULus

Yes

FM approval

Yes

RCM (formerly C-TICK)

Yes

KC approval

Yes

Marine approval

Yes

## Ambient conditions

Free fall

- Fall height, max.

0.3 m; five times, in product package

Ambient temperature during operation

- min.

-20 °C

- max.

60 °C; Number of simultaneously activated inputs or outputs 7 or 5 (no adjacent points) at 60 °C horizontal or 50 °C vertical, 14 or 10 at 55 °C horizontal or 45 °C vertical

- horizontal installation, min.

-20 °C

- horizontal installation, max.

60 °C

- vertical installation, min.

-20 °C

- vertical installation, max.

50 °C

Ambient temperature during storage/transportation

- min.

-40 °C

- max.

70 °C

Air pressure acc. to IEC 60068-2-13

- Operation, min.

795 hPa

- Operation, max.

1 080 hPa

- Storage/transport, min.

660 hPa

- Storage/transport, max.

1 080 hPa

Altitude during operation relating to sea level

- Installation altitude, min.

-1 000 m

- Installation altitude, max.

2 000 m

Relative humidity

- Operation, max.

95 %; no condensation

Vibrations

- Vibration resistance during operation acc. to IEC 60068-2-6

2 g (m/s<sup>2</sup>) wall mounting, 1 g (m/s<sup>2</sup>) DIN rail

- Operation, tested according to IEC 60068-2-6

Yes

Shock testing	
• tested according to IEC 60068-2-27	Yes; IEC 68, Part 2-27 half-sine: strength of the shock 15 g (peak value), duration 11 ms
Pollutant concentrations	
• SO2 at RH < 60% without condensation	SO2: < 0.5 ppm; H2S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
Configuration	
Programming	
Programming language	
— LAD	Yes
— FBD	Yes
— SCL	Yes
Know-how protection	
• User program protection/password protection	Yes
• Copy protection	Yes
• Block protection	Yes
Access protection	
• Protection level: Write protection	Yes
• Protection level: Read/write protection	Yes
• Protection level: Complete protection	Yes
Cycle time monitoring	
• adjustable	Yes
Dimensions	
Width	110 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	455 g
last modified:	06/26/2019

SIMATIC S7-1200, Analog output, SB 1232, 1 AO, +/-10 V DC (12 bit resol.) or 0-20mA (11 bit resol.)



### General information

Product type designation SB 1232, AQ 1x12 bit

### Input current

from backplane bus 5 V DC, typ. 15 mA

### Output voltage

Power supply to the transmitters

• Supply current, max. 25 mA

### Power loss

Power loss, typ. 1.5 W

### Analog inputs

Number of analog inputs 0

### Analog outputs

Number of analog outputs 1

Cycle time (all channels) max. Voltage: 300  $\mu$ S (R), 750  $\mu$ S (1  $\mu$ F) Current: 600 ms (1 mH); 2 ms (10 mH)

Output ranges, voltage

• -10 V to +10 V Yes

Output ranges, current	
• 0 to 20 mA	Yes
Load impedance (in rated range of output)	
• with voltage outputs, min.	1 000 $\Omega$
• with current outputs, max.	600 $\Omega$
Cable length	
• shielded, max.	100 m; shielded, twisted pair
Analog value generation for the outputs	
Conversion principle	Differential
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	12 bit
Errors/accuracies	
Temperature error (relative to output range), (+/-)	25 °C $\pm 0.5\%$ , to 55 °C $\pm 1\%$
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	Yes
Diagnostics function	Yes
Diagnostics indication LED	
• for status of the outputs	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
Ambient conditions	
Free fall	
• Fall height, max.	0.3 m; five times, in product package
Ambient temperature during operation	
• min.	-20 °C
• max.	60 °C
• horizontal installation, min.	-20 °C
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-20 °C
• vertical installation, max.	50 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 080 hPa



Relative humidity	
• Operation at 25 °C without condensation, max.	95 %
Pollutant concentrations	
• SO2 at RH < 60% without condensation	SO2: < 0.5 ppm; H2S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
Mechanics/material	
Enclosure material (front)	
• Plastic	Yes
Dimensions	
Width	38 mm
Height	62 mm
Depth	21 mm
Weights	
Weight, approx.	40 g
<b>last modified:</b>	06/26/2019

SIMATIC HMI, KTP700 BASIC, BASIC PANEL, KEY AND TOUCH OPERATION, 7" TFT DISPLAY, 65536 COLORS, PROFINET INTERFACE, CONFIGURATION FROM WINCC BASIC V13/ STEP7 BASIC V13, CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD



### Product type designation

#### Display

Design of display	TFT widescreen display, LED backlighting
Screen diagonal	7 in
Display width	154.1 mm
Display height	85.9 mm
Number of colors	65 536
Resolution (pixels)	
• Horizontal image resolution	800
• Vertical image resolution	480

#### Backlighting

• MTBF backlighting (at 25 °C)	20 000 h
• Dimmable backlight	Yes

#### Control elements

##### Keyboard

• Function keys	
— Number of function keys	8
• Keys with LED	No
• System keys	No
• Numeric/alphabetical input	
— Numeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
— Alphanumeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard

##### Touch operation

• Design as touch screen	Yes
--------------------------	-----

Installation type/mounting	
Mounting in portrait format possible	Yes
Mounting in landscape format possible	Yes
maximum permissible angle of inclination without external ventilation	35°
Supply voltage	
Type of supply voltage	DC
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	230 mA
Starting current inrush I <sup>2</sup> t	0.2 A <sup>2</sup> ·s
Power	
Power consumption, typ.	5.5 W
Processor	
Processor type	ARM
Memory	
Flash	Yes
RAM	Yes
Usable memory for user data	10 Mbyte
Type of output	
Acoustics	
• Buzzer	Yes
• Speaker	No
Time of day	
Clock	
• Hardware clock (real-time clock)	Yes
• Software clock	Yes
• Battery-backed	Yes
• Synchronizable	Yes
Interfaces	
Number of RS 485 interfaces	0
Number of USB interfaces	1; Up to 16 GB
Number of 20 mA interfaces (TTY)	0
Number of RS 232 interfaces	0
Number of RS 422 interfaces	0
Number of parallel interfaces	0
Number of other interfaces	0
Number of SD card slots	0

With software interfaces	No
<b>Industrial Ethernet</b>	
• Number of industrial Ethernet interfaces	1
• Industrial Ethernet status LED	2
<b>Protocols</b>	
PROFINET	Yes
PROFINET IO	No
IRT	No
PROFIBUS	No
MPI	No
<b>Protocols (Ethernet)</b>	
• TCP/IP	Yes
• DHCP	Yes
• SNMP	Yes
• DCP	Yes
• LLDP	Yes
<b>WEB characteristics</b>	
• HTTP	No
• HTML	No
<b>Further protocols</b>	
• CAN	No
• MODBUS	Yes; Modicon (MODBUS TCP/IP)
• Supports protocol for EtherNet/IP	Yes
<b>Interrupts/diagnostics/status information</b>	
<b>Diagnostic messages</b>	
• Diagnostic information readable	No
<b>EMC</b>	
<b>Emission of radio interference acc. to EN 55 011</b>	
• Limit class A, for use in industrial areas	Yes
• Limit class B, for use in residential areas	No
<b>Degree and class of protection</b>	
IP (at the front)	65
Enclosure Type 4 at the front	Yes
Enclosure type 4x at the front	Yes
IP (rear)	20
<b>Standards, approvals, certificates</b>	
CE mark	Yes
KC approval	Yes
cULus	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes

Use in hazardous areas	
• ATEX Zone 2	No
• ATEX Zone 22	No
• cULus Class I Zone 1	No
• cULus Class I Zone 2, Division 2	No
• FM Class I Division 2	No
Ambient conditions	
Ambient temperature in operation	
• Operation (vertical installation)	
— For vertical installation, min.	0 °C
— For vertical installation, max.	50 °C
• Operation (max. tilt angle)	
— At maximum tilt angle, min.	0 °C
— At maximum tilt angle, min.	40 °C
• Operation (vertical installation, portrait format)	
— For vertical installation, min.	0 °C
— For vertical installation, max.	40 °C
• Operation (max. tilt angle, portrait format)	
— At maximum tilt angle, min.	0 °C
— At maximum tilt angle, min.	35 °C
Storage/transport temperature	
• Min.	-20 °C
• max.	60 °C
Relative humidity	
• Operation, max.	90 %
Operating systems	
Pre-installed operating system	
• Windows CE	No
proprietary	Yes
Configuration	
Message indicator	Yes
Alarm logging system (incl. buffer and acknowledgment)	Yes
Process value display (output)	Yes
Process value default (input) possible	Yes
Recipe administration	Yes
Configuration software	
• STEP 7 Basic (TIA Portal)	Yes; via integrated WinCC Basic (TIA Portal)
• STEP 7 Professional (TIA Portal)	Yes; via integrated WinCC Basic (TIA Portal)
• WinCC flexible Compact	No
• WinCC flexible Standard	No

• WinCC flexible Advanced	No
• WinCC Basic (TIA Portal)	Yes
• WinCC Comfort (TIA Portal)	Yes
• WinCC Advanced (TIA Portal)	Yes
• WinCC Professional (TIA Portal)	Yes

## Languages

### Online languages

• Number of online/runtime languages	10
--------------------------------------	----

### Languages

• Languages per project	32
• Languages	
— D	Yes
— GB	Yes
— F	Yes
— I	Yes
— E	Yes
— Chinese traditional	Yes
— Chinese simplified	Yes
— DK	Yes
— FIN	Yes
— GR	Yes
— J	Yes
— KP / ROK	Yes
— NL	Yes
— N	Yes
— PL	Yes
— P	Yes
— RUS	Yes
— S	Yes
— CZ	Yes
— TR	Yes
— H	Yes

## Functionality under WinCC (TIA Portal)

Libraries	Yes
Number of Visual Basic Scripts	No
Task planner	Yes
• time-controlled	No
• task-controlled	Yes
Help system	Yes
• Number of characters per info text	500

### Message system

• Number of alarm classes	32
• S7 alarm number procedure	No
• System messages HMI	Yes
• System messages, other (SIMATIC S7, Sinumerik, Simotion, etc.)	Yes; System message buffer of the SIMATIC S7-1200 and S7-1500
• Number of characters per message	80
• Number of process values per message	8
• Acknowledgment groups	Yes
• Message indicator	Yes
• Message buffer	Yes
— Number of entries	256
— Circulating buffer	Yes
— retentive	Yes
— maintenance-free	Yes
<b>Recipe administration</b>	
• Number of recipes	50
• Data records per recipe	100
• Entries per data record	100
• Size of internal recipe memory	256 kbyte
• Recipe memory expandable	No
<b>Variables</b>	
• Number of variables per device	800
• Number of variables per screen	100
• Limit values	Yes
• Multiplexing	Yes
• Structs	No
• Arrays	Yes
<b>Images</b>	
• Number of configurable images	250
• Permanent window/default	Yes
• Global image	Yes
• Start screen configurable	Yes
• Image selection by PLC	Yes
• Image number in the PLC	Yes
<b>Image objects</b>	
• Number of objects per image	100
• Text fields	Yes
• I/O fields	Yes
• Graphic I/O fields (graphics list)	Yes
• Symbolic I/O fields (text list)	Yes
• Date/time fields	Yes

• Switches	Yes
• Buttons	Yes
• Graphic view	Yes
• Icons	Yes
• Geometric objects	Yes
Complex image objects	
• Number of complex objects per screen	10
• Alarm view	Yes
• Trend view	Yes
• User view	Yes
• Status/control	No
• Sm@rtClient view	No
• Recipe view	Yes
• f(x) trend view	No
• System diagnostics view	Yes; System message buffer of the SIMATIC S7-1200 and S7-1500
• Media Player	No
• Bar graphs	Yes
• Sliders	No
• Pointer instruments	No
• Analog/digital clock	No
Lists	
• Number of text lists per project	150
• Number of entries per text list	100
• Number of graphics lists per project	100
• Number of entries per graphics list	100
Archiving	
• Number of archives per device	2
• Number of entries per archive	10 000
• Message archive	Yes
• Process value archive	Yes
• Archiving methods	
— Sequential archive	Yes
— Short-term archive	Yes
• Memory location	
— Memory card	No
— USB memory	Yes
— Ethernet	No
• Data storage format	
— CSV	No
— TXT	Yes



— RDB	No
<b>Security</b>	
• Number of user groups	50
• Number of user rights	32
• Number of users	50
• Password export/import	Yes
• SIMATIC Logon	No
<b>Character sets</b>	
• Keyboard	
— US American (English)	Yes
• Character sets	
— Tahoma	Yes
— Arial	No
— Courier New	No
— WinCC flexible Standard	Yes
— Ideographic languages	Yes
• Font size freely scalable	Yes
<b>Transfer (upload/download)</b>	
• MPI/PROFIBUS DP	No
• USB	No
• Ethernet	Yes
• using external storage medium	No
<b>Process coupling</b>	
• S7-1200	Yes
• S7-1500	Yes
• S7-200	Yes
• S7-300/400	Yes
• LOGO!	Yes
• Win AC	Yes
• SINUMERIK	No
• SIMOTION	Yes
• Allen Bradley (EtherNet/IP)	Yes
• Allen Bradley (DF1)	No
• Mitsubishi (MC TCP/IP)	Yes
• Mitsubishi (FX)	No
• OMRON (FINS TCP)	No
• OMRON (LINK/Multilink)	No
• Modicon (Modbus TCP/IP)	Yes
• Modicon (Modbus)	No
<b>Service tools/configuration aids</b>	
• Clean screen	Yes

• Touch calibration	Yes
• Backup/restore	Yes
• Backup/Restore automatically	No
• Simulation	Yes
• Device switchover	Yes
• Delta transfer	No

#### I/O / Options

I/O devices	
• Printer	No
• MultiMediaCard	No
• SD card	No
• USB memory	Yes

#### Mechanics/material

Type of housing (front)	
• plastic	Yes
• aluminum	No
• Stainless steel	No

#### Dimensions

Width of the housing front	214 mm
Height of housing front	158 mm
Mounting cutout, width	197 mm
Mounting cutout, height	141 mm
Device depth	39 mm

#### Weights

Without packaging	780 g
With packaging	990 g

**last modified:** 12.03.2015